

بررسی راهکارهای بهسازی مخازن ذخیره آب

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه i.elyasian@gmail.com

مخازن ذخیره آب به لحاظ محدودیت ها و شرایط مختلف پیاده سازی آنها در طراحی اولیه نیازمند طراحی دقیق و درستی می باشند و هرگونه ضعفی در طراحی اولیه باعث بروز آسیب در حین وارد شدن بارهای مختلف استاتیکی و دینامیک می گردد. در این مقاله با بررسی تحلیل مخازن هوائی با روش اجزاء محدود سعی شده است راهکارهای بهسازی مخازن موجود آسیب پذیر حین وقوع زلزله و همچنین ایجاد شرایط ایده آل در طراحی اولیه مخازن هوائی با توجه به اندرکنش خاک و سازه ارائه گردد. در مخازن آب وجود سیال و پر و نیمه پر بودن آنها در حین وقوع زلزله در تشدید بار وارده و تغییر مرکز جرم سازه بسیار موثر و گاهی در صورت در نظر نگرفتن بارهای ناشی از آن می تواند مشکل ساز باشد.

کلمات کلیدی: مخازن هوائی، اندرکنش مایع - سازه، اندرکنش خاک - سازه

مقدمه:

در طرح لرزه ای مخازن، علیرغم آنکه بدلیل سهولت، مدل جرم اضافه شده جهت تعیین برش پایه و لنگر واژگونی مورد استفاده قرار می گیرد، اما مدل جرم اضافه شده گسترده بانضمام جرم تلاطم (Sloshing mass) جهت مدل نمودن با استفاده از روش اجزاء محدود مناسب تر و دقیق تر می باشد. همچنین در بسیاری از پروسه های تحلیل لرزه ای این نوع سازه ها، با صرف نظر از اندرکنش خاک و سازه، فرض اساس ثابت لحاظ می شود، در حالیکه با توجه به ارتفاع و جرم سازه، در نظر گرفتن این اندرکنش تاثیر قابل توجهی، بویژه در شرایطی که خاک زیراساس از نوع نرم و انعطاف پذیر باشد، خواهد داشت

طبقه بندی مخازن:

مخازن آب را به گونه های مختلف می توان گروه بندی کرد:

۱- رده بندی مخازن بر حسب شکل و ترکیب:

الف- مخازن استوانه ای (گرد)

ب- مخازن مکعب و مستطیل شکل

پ- مخازن مخروطی

و غیره...

۲- طبقه بندی بر حسب اندازه:

الف- مخازن با اندازه های کوچک (با ظرفیت حدود ۵۰ متر مکعب)

ب- مخازن با اندازه های متوسط (با ظرفیت حدود ۱۵۰ تا ۵۰۰ متر مکعب)

پ- مخازن با اندازه های بزرگ (با ظرفیت حدود ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر مکعب)

ت- مخازن با اندازه های بسیار بزرگ (با ظرفیت بیشتر از ۵۰۰۰ متر مکعب)

۳- طبقه بندی بر حسب موقعیت:

الف-مخازن زمینی (مدفون Buried tanks - نیمه مدفون و واقع بر روی زمین Elevated tanks)
ب-مخازن هوایی

۴- طبقه بندی بر حسب مصالح ساختمانی:

مخازن آب را بیشتر از فلز و یا بتن مسلح می سازند و بر این اساس تحت عنوان مخزن فلزی و یا مخزن بتنی نامیده می شوند.

ملاحظات مربوط به انتخاب نوع مخزن:

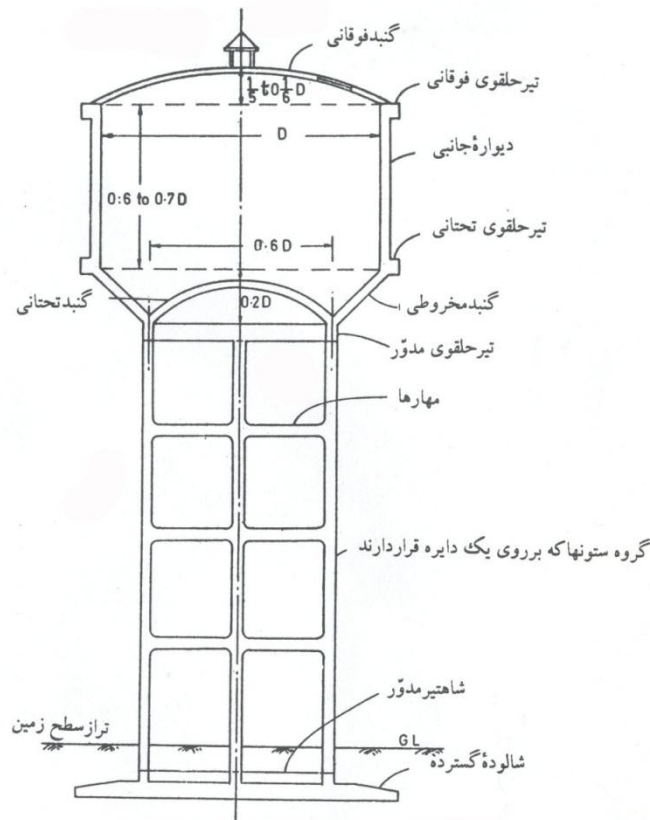
از مزایای مخازن بتنی باید دوام و مقاومت مکانیکی و شیمیایی و راحتی اجرا برای مخازن بزرگ را نام برد. از سوی دیگر، در مخازن فلزی امکان نشت آب وجود ندارد در حالیکه پدیده نشت آب از جدار مخزن می تواند یکی از مسائل عمده مرتبط با مخازن بتنی باشد.

مخازن هوایی آب را، افزون بر ذخیره آب، معمولاً برای تامین فشار کافی در شبکه در موارد عادی و در مواقعی که دستگاه پمپاژ بطور موقت از کار می افتد و نیز برای کنترل مصرف آب و کاستن اثراتی چون ضربه آب می سازند مخازن زمینی آب، از سوی دیگر، عموماً نقش منبعی برای ذخیره آب را دارند. البته از مخازن زمینی نیز، در صورتیکه نسبت به شبکه دارای بلندای کافی باشند، استفاده های یاد شده در مورد شبکه های هوایی را نیز می توان نمود.

تعیین شکل کلی و ابعاد مخزن یکی دیگر از ملاحظات عمده ای است که در طرح مخازن مطرح می شود. رویهم رفته، می توان گفت که اشکال چهار گوش (مکعب مستطیل شکل) برای مخازن کوچک با ظرفیت های کم مناسب تر از اشکال استوانه ای می باشند. در سوی دیگر طیف حجمی نیز می توان گفت که اجرای منابع بسیار بزرگ زمینی با پلان چهار گوش رویهم رفته راحت تر از مخازن استوانه ای نظیر بوده و از این رو مخازن مکعب مستطیل برای ظرفیتهای بسیار زیاد معمول تر می باشند.

اما در مورد ملاحظات مربوط به نشت آب از مخازن بتنی و در ارتباط با انتخاب شکل مخزن، باید گفت که با حجم مفروض، سطح تر شوندهء مخازن چند گوش بیشتر از سطح تر شوندهء مخازن گرد است. افزون بر این، اجرای سیستم های پیش تنیدگی یا پس فشردگی در مخازن گرد سهل تر از پیش تنیدن مخازن چند گوش می باشد.

مخازن زمینی، گاهی با سقف و گاهی بدون سقف اجرا می شوند. در مخازن کوچک، سقف را می توان مستقیماً بر روی دیواره های مخزن جای داد. در مخازن بزرگتر گاهی نیاز به ستون ها و یا دیوارهای میانی برای تحمل تاوهء سقف پیش می آید. پوشش سقف در مخازن مکعب مستطیل شکل معمولاً از نوع تاوه ای است. اما در مخازن استوانه ای علاوه بر سقف های تاوه ای، مستوی و پوشش گنبدی نیز به کار می رود. کف مخازن چهار گوش معمولاً بصورت تاوهء مطبق و یا تاوهء چند وجهی است، در حالیکه کف مخازن گرد می تواند مستوی، گنبدی و یا مخروطی نیز باشد. افزون بر ملاحظات یاد شده، انتخاب شکل هندسی مقطع مورد نظر با توجه با وجوه اقتصادی، امکانات اجرایی و شکل زمین نیز صورت می گیرد



- ۱- گنبد کروی فوقانی ۲- تیر حلقوی فوقانی ۳- دیوارهای مدور جانبی ۴- تیر حلقوی تحتانی ۵- گنبد مخروطی ۶- گنبد کروی تحتانی ۷- شاه تیر مدور تحتانی ۸- برج با ستون ها و مهارها ۹- شالوده ها

بارگذاری و محاسبات مربوط به مخازن

برای آنالیز مخازن عموماً از تئوریهای ارتجاعی آنالیز سازه ها استفاده می شود. همچنین از آنجا که بروز ترک، هر قدر که جزئی باشد، در دیواره و کف مخازن بتنی مجاز نیست، از این روی محاسبات مربوط به طرح مخازن معمولاً بر اساس رفتار ارتجاعی سازه صورت می گیرد.

از دیدگاه ساختمانی، یک مخزن، بطور کلی، از چندین بخش تشکیل می شود. بخش های باربرنده متشکله یک مخزن عبارتند از: سقف، دیواره، کف، عناصر تقویتی، ستونها، بادبندها و شالوده، که بسته به نوع مخزن در سیستم های ساختمانی آن بکار خواهند رفت.

چگونگی بارگذاری و تعیین بار بحرانی که مخزن باید برای آن طرح شود از مسائل اصلی مربوط به محاسبه مخازن است. در این مورد باید بین مخازن هوایی و زمینی تمایز قائل شد و بارگذاری هر کدام را جداگانه بحث کرد.

الف- بارگذاری مخازن هوایی

سیستم بار وارده بر مخازن هوایی مشتمل است بر بار مرده، فشار مایع داخل مخزن، اثر باد بر روی مخزن و اثرات زلزله و نیز نیروی باد که بر کل سیستم ساختمانی وارد می آید. بر این اثرات باید تنش های حرارتی و

نیروهای دینامیکی ناشی از تلاطم مایع در هنگام وقوع زلزله و یا وزش باد شدید را نیز افزود. بدیهی است که محاسبه مخزن باید با توجه به ترکیب بحرانی محتمل اثرات یاد شده صورت گیرد. همچنین کل سیستم ساختمانی متشکل از مخزن، ستونها، بادبندها و پی نیز باید بگونه ای باشد که بتواند اثرات قائم و جانبی ناشی از باد و زلزله را تحمل کند و پایداری عمومی خود را حفظ نماید.

ب- بارگذاری مخازن زمینی

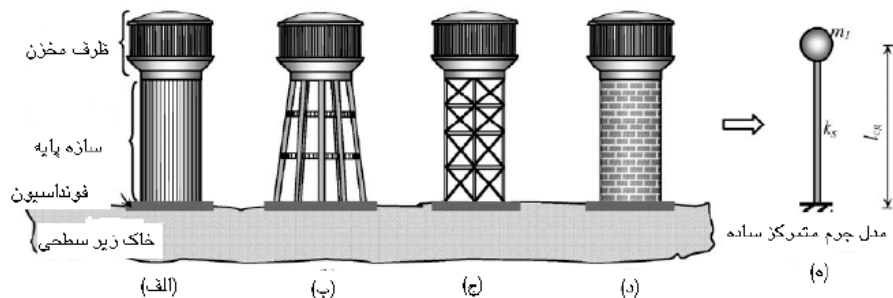
در مخازن زمینی، اثر برخی از نیروهای یاد شده در قبل مثل نیروهای باد و تنشهای حرارتی یا کم است و یا آنکه در گونه هائی از مخازن مثل مخازن مدفون اساساً چنین تاثیراتی وجود ندارد. در عوض بعلت تماس مخزن با زمین بارهای تازه ای بر مخزن وارد می آیند که باید در محاسبات منظور گردند. به طور کلی، محاسبه منابع زمینی را باید با توجه به سیستم های بارگذاری زیر انجام داد.

۱- سیستم بارگذاری که در آن مخزن در مرحله آزمایش از آب پر شده لیکن پشت دیواره هایش هنوز خاکریزی نشده است.

۲- حالتی که مخزن خالی از آب است اما در زمین مدفون شده و تحت تاثیر فشار خاک اطراف و احتمالاً فشار آب زیر زمینی قرار گرفته باشد.

۳- حالتی که در آن بخشی از مخزن و یا تمامی آن از مایع پر شده و تحت تاثیر اثرات ناشی از زمین اطراف نیز قرار گرفته است. بر اثرات یاد شده در بالا باید تنشهای حرارتی، حرکات ناشی از زمین لرزه و دیگر بارهای احتمالی را افزود.

مدل جرم متمرکز ساده

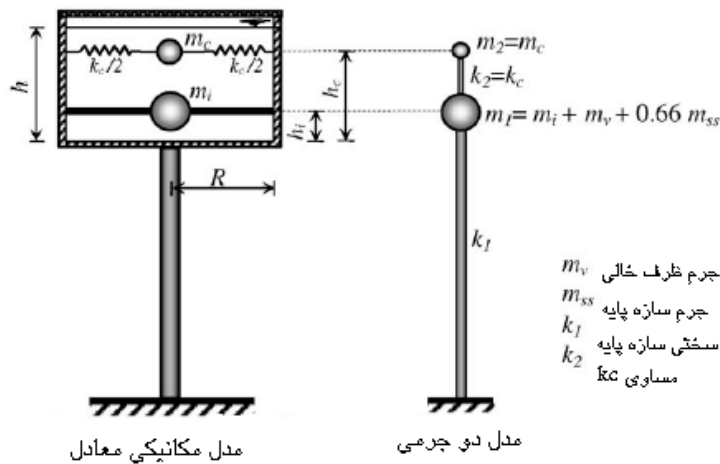
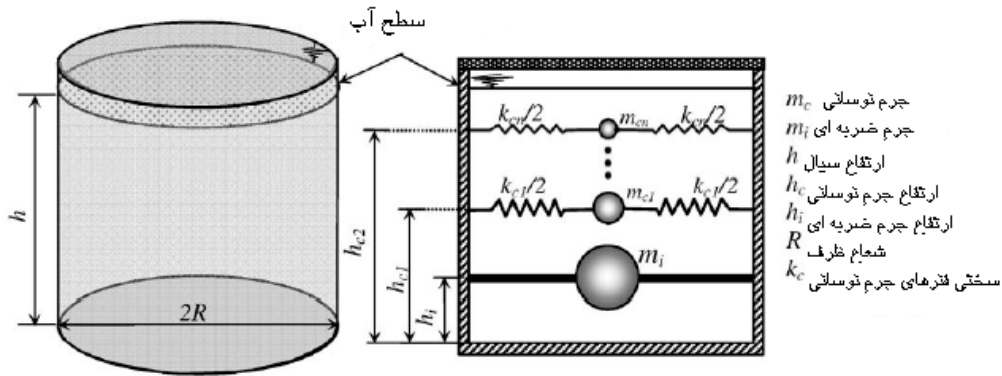


مدل جرم متمرکز ساده مخازن هوایی: (الف) مخزن با سازه پایه شفتی بتن مسلح، (ب) مخزن با سازه پایه قاب بتن

مسلح، (ج) مخزن با سازه پایه قاب بتن مسلح یا قاب فولادی با مهاربندی مورب، (د) مخزن با سازه پایه از مصالح بنایی، (ه) مدل جرم متمرکز ساده

$$k_s = \frac{3EI_c}{l_{cg}^3}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{W_L}{gk_s}}$$

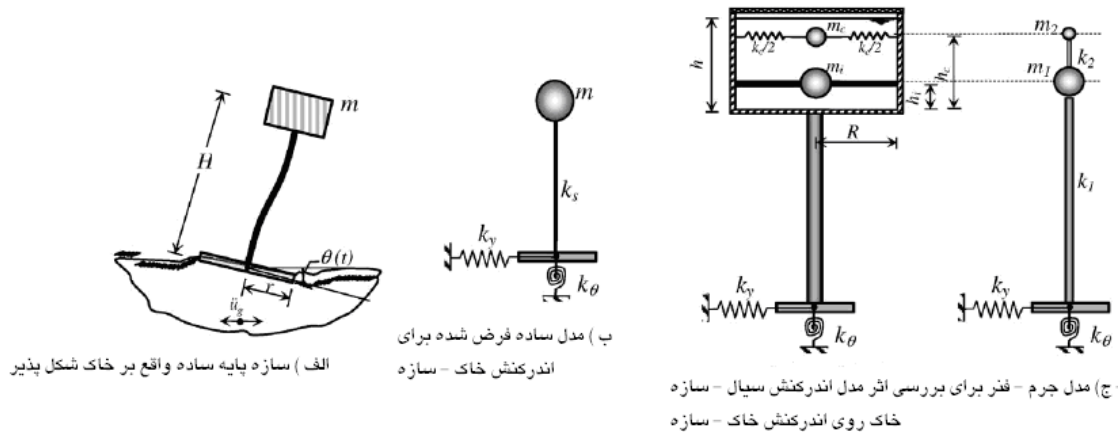
مدل ساده شده



مدل دو جرمی پیشنهادی توسط هاوسنر برای مخازن هوایی

شرح	مدل باور (Chen And Barber , 1976)	مدل هاوسنر (Epstein , 1976)
فرکانس سازه ای	$\omega_n^2 = \frac{g}{R} \lambda_n \tanh(\lambda_n \frac{h}{R})$	$\omega^2 = \frac{g}{R} 1.84 \tanh(1.84 \frac{h}{R})$
سختی فنرهای جرم نوسانی	$k_{cn} = m_{cn} \frac{g}{R} \lambda_n \tanh(\lambda_n \frac{h}{R})$	$k_c = m_c \frac{g}{R} 1.84 \tanh \frac{1.84 h}{R}$
جرمهای نوسانی	$m_{cn} = m_w \frac{21 \tanh(\lambda_n (h/R))}{\lambda_n (h/R) \lambda_n^2 - 1}$	$m_c = m_w \cdot 0.318 \frac{R}{h} \tanh(1.84(h/R))$
جرمهای ضربه ای	$m_i = m_w \left(1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{m_{cn}}{m_w}\right)$	$m_i = m_w \frac{\tanh(1.74R/h)}{(1.74R/h)}$
ارتفاع جرمهای نوسانی	$h_{cn} = h \left[\frac{1}{2} - \frac{4}{\lambda_n (h/R)} \tanh(\lambda_n \frac{h}{R}) \right]$	$h_c = \left[1 - \frac{\cosh(1.84h/R) - 1}{1.84h/R \sinh(1.84h/R)} \right] h$
ارتفاع جرمهای ضربه ای	$h_i = h \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{(m_i/m_w)} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{m_{cn}}{m_w}\right) \left(\frac{h_{cn}}{h}\right) \right]$	$h_i = 3/8h$

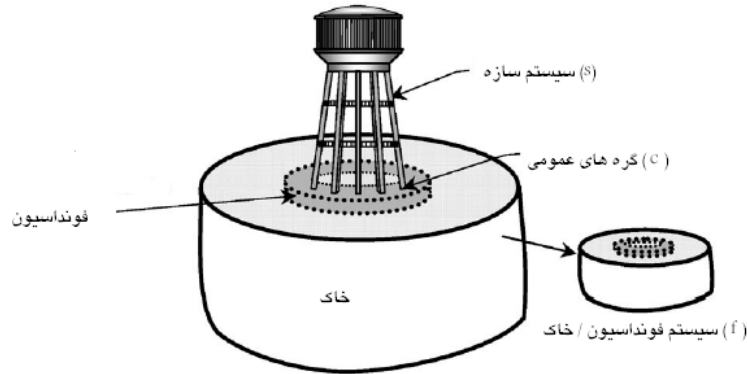
پارامترهای پیشنهادی هاوسنر و باور جهت تشابه سازی



مدل مکانیکی برای اندرکنش سیال - سازه - خاک در مخازن هوایی

$$k_y = \left[\frac{8\alpha_y}{2-\nu} \right] Gr, \quad k_\theta = \left[\frac{8\alpha_\theta}{3(1-\nu)} \right] Gr^3,$$

$$\tilde{\xi} = \xi_0 + \frac{\xi}{(\tilde{T}/T)^3}, \quad \tilde{T} = T \sqrt{1 + \frac{k}{k_y} \left(1 + \frac{k_y H^2}{k_\theta} \right)},$$



مدل اندرکنش سازه - فونداسیون / خاک

مکانیزمهای خرابی مخازن

- واژگونی
- کمانش الاستیم الماسی جداره
- کمانش الاستو پلاستیک پافیلی جداره
- لغزش مخزن
- آسیب دیدگی سقف
- بلند شدگی کف
- نشست نامتقارن بستر
- نشست آب و ...

منابع

- 1- Housner G.W,1963, " Dynamic Pressure On Accelerated Fluid Contahners " Bulletin Of The Seismollgical Society Of America Vol 53.no.10 Pp 15-35
- 2- Abramson H.N ,1966 , " The Dynamic Behavior Of Liquids In Moving Containers " Nasa Report Sp.106
- 3- Kalnin.S.A,1964, " Free Vibration Of Rottationally Symmetric Shells G.Acoust , .Soceity Am 36 , Pp 1355-1365 ,Journal Of Acoustic .
- 4- Haroun M.A & Tayel M.A , 1985 , " Axisymmetrical Vibrations Of Tanks Numerical " Journal Of Eng Mech div , ASCE Vol 113 , Pp 329-345

- 5- Jain .s.k & Sameer S.V , "A Review Of Requirment In Indian Codes For A Seismic Design Of Elevated Water Tanks ." Bridge & Structural Engineer- Vol xii , No , March 1993
- 6- Haroun.M.A & Housner ,1982 , " Dynamic Charactoeistics Of Liquid Storage Tanks " , Journal Of Mech. Div ; ASCE Vol 108 Pp 183-800
- 7- R . Livaoglu & A.Dogangun , 2005 , " Smiplified Seismic Analysis Procedures For Elevated Tanks Considering Fluid – Structure – Soil Interaction " , Journal Of Fluids And Structures 22 , 2006 , 421-43912- A.W.W.A Standard , D101-53(R86) , Jonuary 1989
- 8- A.W.W.A Standard , D101-53(R86) , Jonuary 1989
- 9- Euro Code8 , Design Of Structures For Earthquake Resistance , Part 4 , November 2004
- 10- ACI Standard , 2005 , " American Concrete Institute "
- 11- FEMA 368/369 , 2000 . The 2000 NEHRP Recommended Provisions For New Buildings And Other Structures , Part 1 : Provision And Part 2 : Commentary . Federal Emergency Agency , Washington .

- ۱۲- مسعودی ، مصطفی ، ۱۳۸۳ ، " رفتار لرزه ای مخازن هوایی در اثر سه مولفه همبسته زلزله " ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زلزله پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله .
- ۱۳- بلالی ، دهکردی ، علی ، ۱۳۷۷ ، " تحلیل غیرخطی هندسی مخازن هوایی تحت حرکات قوی زمین " ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه دانشگاه تربیت مدرس .
- ۱۴- افخم جاوید ، عباس ، ۱۳۸۳ ، " ارزیابی ضریب رفتار مخازن هوایی با پایه های مهاربندی شده و نشده . " ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه دانشگاه تربیت مدرس .
- ۱۵- نشریه ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی ، ۱۳۷۴ ، " ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی "
- ۱۶- کریشنا راجو ، " طراحی سازه های بتن آرمه پیشرفته " ترجمه حمید رضا اسرفی ، مهدی قالیبافیان، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه ، ۱۳۷۴
- ۱۷- سعید صادقی نیا، حسین میسمی ، " بررسی تأثیر سیستم پایه بر رفتار لرزه ای مخازن هوایی آب و پدافند غیر عامل " انجمن ملی مقلوم سازی ایران، انتشارات سازمان عمران ۱۳۸۸
- ۱۸- شهیار طاووسی تفرشی " روشهای مختلف تحلیل دودکشهای بتنی در مقابل زلزله و مقایسه آیین نام های آمریکا و ایران " سایت مرکز عمران ایران
- ۱۹- ایمان الیاسیان، " کاربرد ترکیب ژئوممبران و ژئو تکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی " ، سایت همکلاسی

بررسی آسیب پذیری لرزه ای و ارائه طرح مقاوم سازی مخازن نفتی فولادی

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

iman,elyasian@gmail.com

حسین میسمی، دکترای عمران

H.Mesam@gmail.com

چکیده:

مخازن استوانه ای فولادی روزمینی به طور گسترده در مجتمعهای نفتی از جمله انبارهای نفت بکار می رود. تجربه های زلزله گذشته نشان می دهد این گونه مخازن در برابر حرکات نیرومند زمین بسیار آسیب پذیر بوده و نیاز به مقاوم سازی دارند در این پژوهش رفتار لرزه ای مخازن نفتی با نسبتهای ارتفاع به قطر مختلف بررسی شده و مکانیزمهای خرابی آنها شامل کمانش الاستوپلاستیک پافیلی، کمانش الاستیک الماسی، آسیب دیدگی سقف در اثر نوسان سیال، لغزش، واژگونی، بلند شدگی کف و نشست نامتقارن مخزن به صورت کمی مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت بررسی پارامترهای فوق الذکر چندین تحلیل شامل تحلیل استاتیکی، مودال، طیفی و تاریخیچه زمانی (غیرخطی) بر روی مخازن فوق صورت گرفته و نتایج به دست آمده بیان شده است. در نهایت مشخص گردید که اگر میزان Free board مخازن برابر $H/18$

(H: ارتفاع مخزن) در نظر گرفته شود، خطری از نظر پدیده نوسان سیال به هنگام وقوع زلزله متوجه سقف مخزن نخواهد بود. همچنین مشاهده گردید که مخازن با نسبت ارتفاع به قطر بزرگتر و یا مساوی 0.7 تحت بارهای وارده واژگون شده و ناپایدار می باشند.

کلمات کلیدی:

مخازن نفتی فولادی، مقاوم سازی، آسیب پذیری لرزه ای، کمانش پافیلی، کمانش الماسی

۱. مقدمه

یکی از سازه های بسیار مهم که کاربرد فراوانی در پالایشگاههای نفتی دارد، مخازن روزمینی نفتی است که به صورت استوانه های فولادی طراحی و اجرا می گردند. در واقع مخزن را وقتی روزمینی گویند که کف آن متکی بر بستر خاک باشد. یک مخزن فولادی از سه جزء اصلی تشکیل یافته است: بدنه، کف و سقف. کف مخزن، ورق تختی می باشد که متکی بر بستر متراکم و یا شالوده گسترده بوده و سقف آن نیز بسته به نوع ماده ذخیره شده

در آن، به صورت ثابت و یامتحرك ساخته می شود. مخازن روزمینی بسته به شرایط تکیه گاهی به ۲ دسته مهار شده و مهار نشده تقسیم می شوند در یک مخزن مهار شده از حرکت قائم نسبی جداره در سطح پی جلوگیری شده در حالی که در ی: مخزن مهار نشده در اثر تکانهای شدید می تواند از روی زمین یا پی بلند شود بنابراین تحلیل دقیق دینامیکی آن یک آنالیز غیر خطی نیاز است. رفتار دینامیکی مخازن اولین بار توسط هازنرمدلسازی شد و مبنای طراحی آیین نامه ها قرار گرفت. وی چنین عنوان کرد که در یک مخزن دارای سطح آزاد که در معرض شتاب جانبی دینامیکی قرار دارد، سیال از دو طریق بر روی جداره اثر می گذارد: (۱) فشار نوسانی (۲) فشار ضربانی. فشار نوسانی در اثر حرکت سیال موج در بالای مخزن پدید می آید و فشار ضربانی در اثر حرکت قسمتی از سیال در پایین مخزن و هماهنگ با پوسته ایجاد می گردد. در حقیقت فرکانس حرکت نوسانی به میزان قابل توجهی پایین تر از فرکانس حرکت ضربانی است، بدین معنی که این مود در پر یوده های بالای زلزله تحریک می گردد [1]. در سال ۲۰۰۳ میلادی علی الزینی استاد و محقق دانشگاه کالیفرنیا مقاله ای تحت عنوان «بررسی فاکتورهای مؤثر در پاسخ لرزه ای غیر خطی مخازن مهار نشده» ارائه کرد. وی در این تحقیق اثرات فشار هیدرو دینامیکی سیال را بر روی جداره مخازن مهار نشده در طول ارتعاشات ناشی از زلزله مورد بررسی قرار داد. وی همچنین نتیجه گرفت که احداث مخازن بر روی فونداسیونهای انعطاف پذیر مناسب تر از اجرای آنها بر روی فونداسیونهای صلب می باشد، چرا که نرمی فونداسیون سبب طولانی شدن پر یود جابجایی مخازن در برابر نیروهای هیدرو دینامیکی می گردد [2]. در سال ۲۰۰۴ نیز مارتین کولر به همراه پراوین مالهوترامقاله ای تحت عنوان «ارزیابی لرزه ای مخازن مهار نشده»، ارائه نمودند که در آن تعداد هفت مخزن را با نسبتهای ارتفاع به شعاع (H/R) مختلف تحت بررسی قرار دادند. آنها چنین عنوان کردند که یک ارتباط تنگاتنگ بین نسبت H/R و چرخش پلاستیک مخازن وجود دارد [3].

بدین ترتیب جهت ارزیابی رفتار لرزه ای مخازن، تعداد ۵ مخزن با نسبتهای ارتفاع به قطر ۰/۳۹، ۰/۴۷، ۰/۵۳، ۰/۶۳ و ۱/۰ که در این مقاله به ترتیب با شماره های ۱ الی ۵ معرفی شده اند، و چندین تحلیل شامل تحلیلهای استاتیکی، مودال، طیفی و تاریخچه زمانی بر روی آنها صورت پذیرفته است. در این راستا طیف ویژه ساختگاه بر اساس پارامترهای ساختگاهی تهیه شده و در تحلیل طیفی از آن استفاده به عمل آمده است. در ادامه مکانیزمهای خرابی مخازن و نتایج حاصل از تحلیلهای صورت گرفته بر روی هر یک از مخازن ارائه شده است.

۲. مکانیزمهای خرابی مخازن

۲-۱. واژگونی

وقتی نسبت ارتفاع به قطر زیاد می شود، پایداری مخزن در برابر این آسیب دیدگی کاهش می یابد. علت این پدیده بالا رفتن ارتفاع مرکز ثقل مخزن می باشد. این معیار با استفاده از ضوابط ضمیمه E آیین نامه API 650 و نسبت $M/[D^2(W_L + W_t)]$ کنترل می گردد. بدین ترتیب که در صورتی که این نسبت بیشتر از ۱/۵۷ باشد، مخزن ناپایدار بوده و واژگون خواهد شد [4]. در رابطه فوق M : لنگر واژگونی مخزن $N - m$ ، W_L : وزن محتویات مخزن در واحد طول محیط N/m و W_t نیز وزن ورق جداره در واحد طول محیط مخزن بر حسب N/m می باشد.

۲-۲. کمانش الاستیک الماسی جداره

تنشهای فشاری ایجاد شده در جداره مخازن سبب بروز کمانش الماسی (الاستیک) در قسمتهای میانی آن می گردد. مخازن با ارتفاع زیاد معمولاً دچار چنین آسیبی می شوند. با محدود کردن تنش فشاری ایجاد شده در جداره مخزن و مقایسه آن با تنش مجاز جداره مطابق با ضوابط آیین نامه API 650 کنترل می گردد [4].

۲-۳. کمانش الاستوپلاستیک پافیلی جداره

معمولاً در مخازن بزرگ در ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متری از سطح زمین رخ می دهد و علت ایجاد چنین کمانشی این است که در هنگام وقوع بلند شدگی در مخزن، تنش فشاری قائم به شدت افزایش می یابد، در این حالت ترکیب دو تنش کششی حلقوی و فشاری قائم باعث ایجاد این کمانش در جداره می گردد. بدین ترتیب افزایش بیش از حد تنش کششی حلقوی در جداره مخزن می تواند به عنوان معیاری برای کنترل کمانش پافیلی بکار رود [4].

۲-۴. لغزش مخزن

نیروی برشی بزرگ در مقابل نیروی اصطکاک کم باعث بروز این پدیده می گردد. برای کنترل مخزن در برابر لغزش، برش پایه به عنوان نیروی محرک و نیروی اصطکاک کف مخزن با ستر به عنوان نیروی مقاوم در نظر گرفته شده و به پیشنهاد دستور العمل ASCE برای تأسیسات موجود از ضریب اطمینان ۱/۵ استفاده شده است. همچنین برای محاسبه نیروی مقاوم نیز ضریب اصطکاک کف مخزن و ستر برابر ۰/۴ در نظر گرفته شده است [1].

۲-۵. آسیب دیدگی سقف

نیروی ارتعاشی زلزله باعث ارتعاش مخزن و سیال درون آن می گردد. ارتعاش امواج با فرکانسی خیلی پایینتر از فرکانس جداره رخ می دهد و متأثر از ارتعاش جداره نیست، بلکه دامنه آن بیشتر از محتوای فرکانسی رکورد می باشد. در این حالت اگر پیش بینی های لازم برای جابجایی سقف شناور متناسب با دامنه امواج سطح سیال نشده باشد، موجب می گردد که پوشش فوقانی صدمه دیده و محتویات درونی مخزن به بیرون پاشیده

شود و یا با ضربه شدید، به قسمت هایی از نگهدارنده های سقف صدمه بزند. عامل کنترل کننده در این حالت ارتفاع موج می باشد [1].

۲-۶. بلندشدگی کف

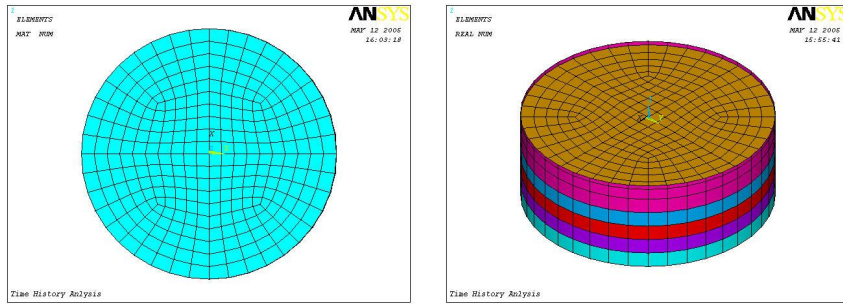
بلند شدگی کف مخزن در صورتی که از مقدار مجاز آن (۳۰ سانتیمتر مطابق با "راهنمای طرح و ارزیابی لرزه ای تاسیسات پتروشیمی") بیشتر شود، ممکن است باعث پارگی جداره مخزن و یاشکستگی لوله های متصل به آن گردد [1].

۲-۷. نشست نامتقارن بستر

تنش های ناشی از لنگرواژ گونی و ضربه های ناشی از بلندشدگی کف مخزن هنگام زلزله ممکن است دچار نشست نامتقارن شود. برای کنترل آن، حداکثر نشست بستر، به ۵ سانتیمتر محدود شده است [1].

۳. مدلسازی مخازن

برای نزدیک شدن به رفتار دقیق مخازن به هنگام تحریک زلزله، هم جداره و هم سیال درون مخزن توسط نرم افزار ANSYS مدل شده اند. برای مدل کردن جداره از المان Shell63، برای سیال از المان Fluid80 و برای مدل کردن بلندشدگی کف مخازن از شرایط Gap استفاده شده است. Gap در حقیقت یک فنر فشاری بوده که به هنگام کشش سختی آن صفر می گردد. برای این منظور، المان Link10 انتخاب شده است. مدل سه بعدی یکی از مخازن به همراه چگونگی مش بندی آن در شکل انشان داده شده است. المان Shell63 یک المان خمشی - غشائی است، که قابلیت تحمل نیروهای داخل صفحه و عمود بر صفحه را دارا می باشد. از ویژگی های دیگر این المان می توان قابلیت های سخت شدگی تنش و تغییر مکان های بزرگ را نام برد. المان Fluid80 برای مدل کردن سیال داخل مخازن که بدون جریان می باشد، مورد استفاده قرار می گیرد. این المان خصوصاً برای محاسبه فشار هیدرواستاتیک و اندرکنش سیال و سازه بسیار مناسب است. در ادامه، تحلیل های صورت گرفته بر روی مخازن به اختصار شرح داده می شود.



شکل ۱- مدل سه بعدی یکی از مخازن و نحوه مش بندی آن در نرم افزار ANSYS

۳-۱. تحلیل استاتیکی

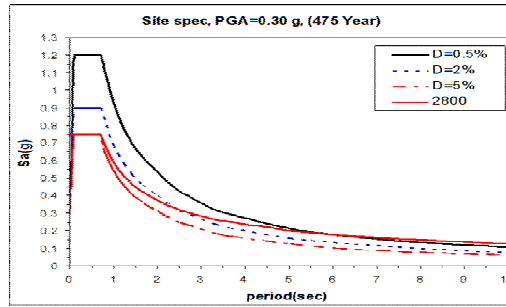
به عنوان اولین گام در تحلیل کمی، مخازن تحت اثر وزن خود و فشار هیدرواستاتیک سیال داخل آن تحلیل شده اند. از این تحلیل، علاوه بر اثر آن در ترکیب بارگذاری، می توان به عنوان معیاری برای ارزیابی مدل ساخته شده نیز استفاده نمود. در حقیقت فشار هیدرواستاتیک ایجاد شده، سبب ایجاد تنش های کششی حلقوی در جداره مخزن می گردد.

۳-۲. تحلیل مودال

پارامترهای مشخصات نوسان یک مخزن شامل فرکانس های طبیعی و اشکال مودی از عوامل مهم در تحلیل آن به شمار می رود. تعیین این پارامترها در گام اول می تواند در تفسیر چگونگی رفتار مخزن بسیار مفید واقع شود. تحلیل مودال با هدف تعیین این مشخصات بکار رفته است. در این میان فرکانسهای اصلی مخازن شامل فرکانس مودنوسانی و مودضربانی جهت استفاده در تحلیلهای بعدی استخراج شده است. ذکر این نکته ضروری است که دمود ذکر شده دارای حداکثر جرم مؤثر می باشند [۵].

۳-۳. تحلیل طیفی

پس از انجام تحلیل مودال و تعیین مودهای اصلی مخزن، بایستی با استفاده از طیف طرح ساختگاه، مخازن را تحلیل طیفی نمود. در این تحلیل ترکیب مودها با استفاده از روش CQC انجام رفته و نتایج جهات متعامد با درصد های ۳۰ و ۱۰۰ ترکیب شده است. مطابق با دستورالعمل ASCE جهت ارزیابی لرزه ای تأسیسات پالایشگاهی بایستی از طیف طرح با احتمال گذر ۱۰ درصد در ۵۰ سال (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) استفاده نمود. همچنین ضمیمه E آیین نامه API 650 استفاده از میرایی ۲ درصد برای مودضربانی و ۰/۵ درصد برای مودنوسانی مخزن را توصیه می نماید. در شکل ۲ طیف طرح ساختگاه به همراه طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ که در تحلیل از آن استفاده شده نشان داده شده است [1, 4] و [۵].



شکل ۲- طیف طرح ساختمانی برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال با میرایی ۵، ۲، ۵ درصد و آیین

نامه ۲۸۰۰

۳-۴. تحلیل تاریخچه زمانی

آنالیز تاریخچه زمانی می تواند کلیه عوامل غیرخطی را در آنالیز وارد کند، بنابراین جهت برآورد میزان بلندشدگی و میزان دقیق پاسخهای سازه از این تحلیل استفاده شده است. هدف از تحلیل تاریخچه زمانی حل معادله حرکت زیر برای شتابهای متوالی اعمال شده به کف سازه می باشد.

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \ddot{u}_g(t)[M]$$

(1)

برای حل این معادله در حوزة زمان از روش نیومارک استفاده می شود. ماتریس میرایی کل سیستم در معادله فوق از مجموع ماتریس های میرایی المان های لزج سیال و ماتریس میرایی سازه ای تشکیل می شود. برای میرایی سازه ای، فرض میرایی رایلی مورد استفاده قرار می گیرد، یعنی میرایی وابسته خطی از جرم و سختی است. در این صورت خواهیم داشت:

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] + \sum_{i=1}^m [CF_i]$$

(2)

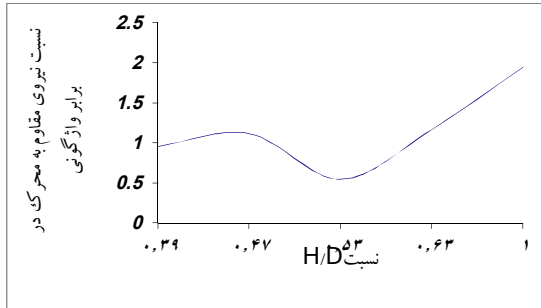
که در آن $[CF_i]$ ماتریس میرایی المان i ام سیال و اسکوزمی باشد و m تعداد المان های سیال می باشد. در این صورت ضرایب α و β بصورت زیر بدست می آیند:

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \frac{2\omega_i \omega_j}{\omega_j^2 + \omega_i^2} \begin{bmatrix} \omega_j & -\omega_i \\ -1/\omega_j & 1/\omega_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_i \\ \xi_j \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن، ω و ξ فرکانس های دو موصلی مخزن و ω_j و ξ_j میرایی های مربوط به آنها می باشد. ضرایب α و β بدست آمده از این رابطه به عنوان ورودی برنامه جهت تحلیل تاریخچه زمانی بکار رفته است [1].

۴. کنترل واژگونی

همانگونه که قبلاً ذکر شد، کنترل واژگونی مطابق با ضوابط ضمیمه E آیین نامه API650 صورت گرفته است. از طرفی بر اساس آیین نامه ASCE، جهت بررسی تأسیسات پالایشگاهی موجود نیازی به در نظر گرفتن ضریب اهمیت بالای یک نمی باشد. خاک محل از نوع III بوده و ضریب S برابر ۱/۶ در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب نسبت $M/[D^2(W_L + W_T)]$ در کلیه مخازن محاسبه گردیده و نتایج در جدول انشان داده شده است. همچنین در شکل ۳، نمودار واژگونی مخازن بر حسب نسبت H/D (ارتفاع به قطر) نیز رسم گردیده و نتایج حاصل به نمایش گذاشته شده است [1,4].



جدول ۱- نتایج حاصل از کنترل واژگونی در مخازن بررسی شده

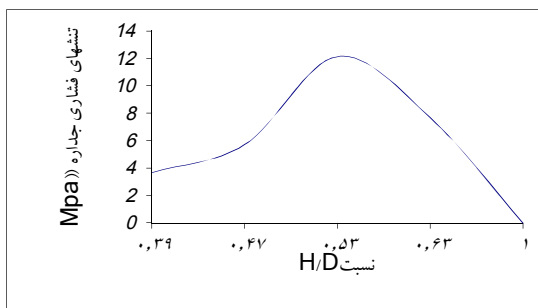
شماره مخزن	پارامتر مورد بررسی	نتایج تحلیل	مقدار مجاز	آسیب پذیری
۱	$M/[D^2(W_L + W_T)]$	۰/۹۶۱	۱/۵۷	OK
۲	$M/[D^2(W_L + W_T)]$	۱/۱۲	۱/۵۷	OK
۳	$M/[D^2(W_L + W_T)]$	۰/۵۵	۱/۵۷	OK

همانطور که از جدول فوق مشخص است مخزن شماره پنج با نسبت $H/D=1$ تحت بارگذاری های جانبی واژگون خواهد شد.

۵. کنترل کمانش الاستیک الماسی در جداره

پس از محاسبه نسبت $M/[D^2(W_L + W_T)]$ حداکثر مقدار نیروی فشاری در واحد طول محیط جداره مخزن (b) محاسبه شده و به دنبال آن تنش فشاری جداره مخزن ($b/1000t$) و تنش مجاز مربوطه بدست آمده و بایکدیگر مقایسه شده اند. نتایج بدست آمده از محاسبات فوق در جدول ۲ به نمایش درآمده است. همچنین شکل ۴ تغییرات تنشهای فشاری جداره را با توجه به نسبت H/D نشان می دهد [4].

جدول ۲- تنشهای فشاری جداره و کنترل کمانش الماسی



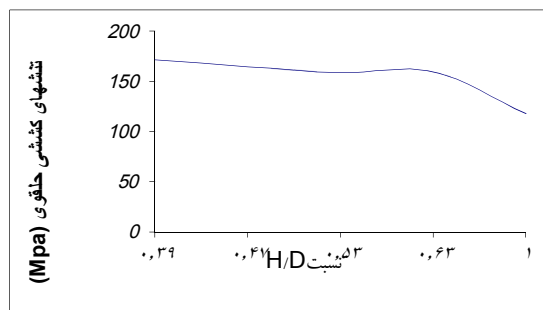
شماره مخزن	پارامتر مورد بررسی	نتایج تحلیل (Mpa)	مقدار مجاز (Mpa)	آسیب پذیری
۱	تنش فشاری جداره	۳/۶۹	۲۴/۸۶	OK
۲	تنش فشاری جداره	۵/۷۳	۳۷/۳۶	OK

طبق ضوابط آیین نامه API650 کنترل کمانش الاستیک الماسی تنها در مورد مخازنی صورت می گیرد که پایدار بوده و مشکل واژگونی نداشته باشند. در حقیقت روابط موجود در آیین نامه جهت کنترل کمانش الماسی تنها در مورد مخازن پایدار معتبر می باشد، بنابراین کنترل این پارامتر در مورد مخزن شماره پنج امکان پذیر نمی باشد [4].

۶. کنترل کمانش الاستوپلاستیک پافیلی

با توجه به مطالب گفته شده در قسمتهای قبل، عامل بوجود آورنده این نوع کمانش، ترکیب تنشهای کششی حلقوی و فشاری قائم در جداره مخازن می باشد، بنابراین جهت کنترل این پدیده، تنشهای کششی حلقوی در جداره مخازن تحت اثر آنالیزهای مختلف کنترل شده و نتایج بدست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آنست که مقدار این تنش در تحلیل طیفی بیشتر از مقادیر بدست آمده از سایر تحلیلها می باشد. نمودار تغییرات این تنشها بر حسب نسبت H/D در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنین در شکل ۶ میزان تنشهای کششی حلقوی حداکثر در جداره مخزن شماره یک و دو در آنالیز طیفی به عنوان نمونه به نمایش گذاشته شده است.

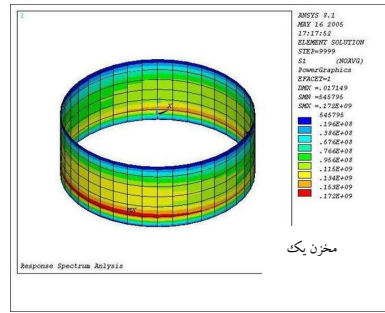
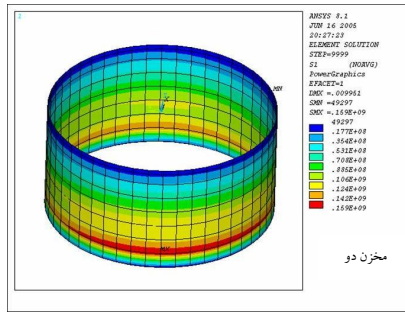
جدول ۳- تنشهای کششی حلقوی و کنترل کمانش پافیلی



شماره مخزن	پارامتر مورد بررسی	نتایج تحلیل (Mpa)	مقدار مجاز (Mpa)	آسیب پذیری
۱	تنش کششی حلقوی	۱۷۲	۲۲۶	OK
۲	تنش کششی حلقوی	۱۶۵	۲۲۶	OK

شکل ۵- تنشهای کششی حلقوی، به حسب نسبت ارتفاع به قطر مخازن

بر سانتیمتر مربع می باشد [1].



شکل ۶- تنشهای کششی حلقوی حداکثر در جداره مخازن یک و دو در آنالیز طیفی - N/m^2

۷. کنترل لغزش

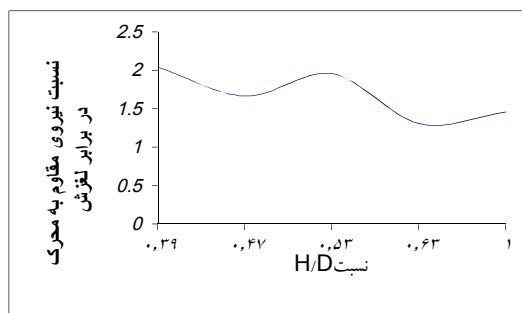
به منظور کنترل لغزش مخازن، حداکثر برش پایه بدست آمده برای هر مخزن با استفاده از نتایج تحلیل طیفی و تاریخچه زمانی به عنوان نیروی محرک (V) از نرم افزار استخراج شده است. نیروی مقاوم در برابر لغزش توسط وزن سازه و اصطکاک بین کف و بستر مخزن بدست می آید. مطابق آیین نامه ASCE ضریب اطمینان در برابر لغزش تأسیسات موجود بایستی ۱/۵ در نظر گرفته شود. همچنین ضریب اصطکاک کف مخزن و بستر نیز برابر ۰/۴ در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب جهت کنترل لغزش مخازن رابطه زیر بررسی شده است [1].

$$1.5V \leq 0.4W$$

(4)

که در این رابطه W وزن مخزن و سیال درون آن بر حسب نیوتن می باشد. نتایج حاصل از کنترل لغزش مخازن در جدول ۴ و تغییرات میزان آن بر حسب نسبت H/D در شکل ۷ به نمایش گذاشته شده است.

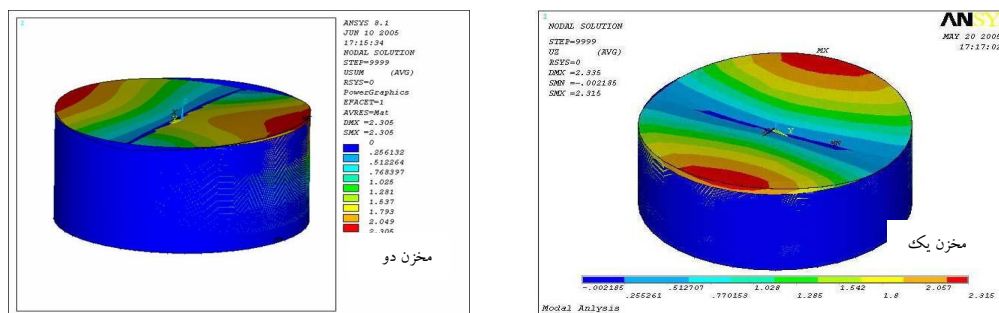
جدول ۴- کنترل لغزش با توجه به نیروی محرک و مقاوم در برابر آن



شمار مخزن	نیروی محرک (MN)	نیروی مقاوم (MN)	نیروی مقاوم به محرک	آسیب پذیری
۱	۲۳/۱۴	۴۵/۷۸	۲/۰۵	OK
۲	۱۵/۶۳	۳۱/۹۷	۱/۶۷	OK
۳	۸/۴۵	۱۸/۵۳	۱/۹۶	OK

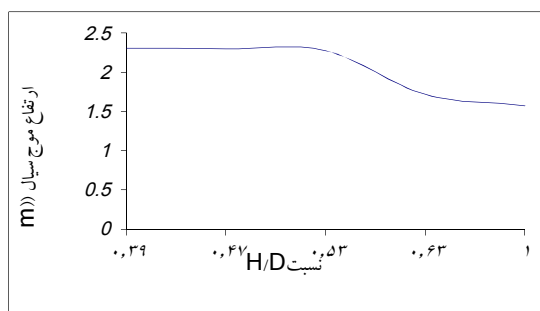
۸. کنترل پدیده Sloshing و آسیب دیدگی سقف

ارتعاش مخزن و سیال درون آن در اثر لرزه‌های ناشی از زلزله سبب پدیدار شدن امواجی در سطح سیال درونی شده که اگر پیش بینی های لازم در این مورد نشود، سبب وارد آمدن آسیب‌هایی به سقف مخازن می گردد. در ادامه حداکثر ارتفاع امواج ایجاد شده در مخازن شماره یک و دو در قالب شکل شماره ۸، که از تحلیل طیفی این سازه‌ها استخراج گردیده، به عنوان نمونه نشان داده شده است. خلاصه نتایج بدست آمده در جدول ۵ و نمودار میزان ارتفاع سیال بر حسب نسبت H/D در شکل ۹ ارائه گردیده است.



شکل ۸ - حداکثر ارتفاع سیال مخازن شماره یک و دو

جدول ۵ - حداکثر ارتفاع موج ایجاد شده در مخازن در اثر زلزله



شماره مخزن	نسبت H/D	ارتفاع موج ایجاد شده (m)	Free board فعلی (m)	آسیب پذیری
۱	۰/۳۹	۲/۳۱۵	۰/۶۴	N.G.
۲	۰/۴۷	۲/۳۰۵	۰/۶۴	N.G.

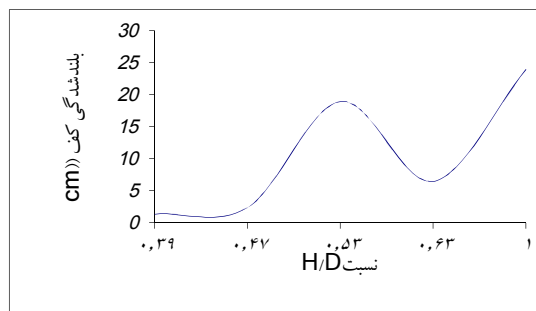
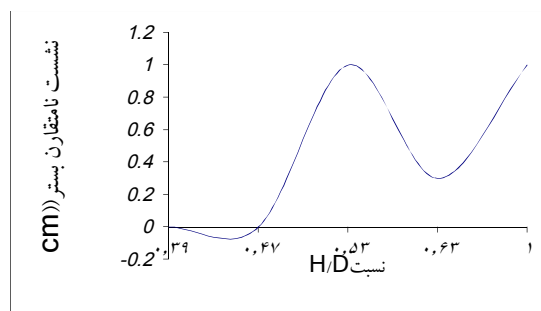
۹. کنترل میزان بلندشدگی و نشست نامقارن بستر

باتوجه به غیرخطی بودن رفتار مخازن مهارنشده، جهت بررسی میزان بلندشدگی کف و نشست ناشی از ضربه این بلندشدگی ها، آنالیز غیرخطی تاریخچه زمانی بر روی مخازن صورت گرفته است. پارامترهایی که در انتخاب رکورد زلزله می تواند تأثیر زیادی داشته باشد شامل مکانیزم گسلش، تطابق شرایط ساختگاه با ایستگاه ثبت رکورد اعم از پروفیل لایه ها و جنس خاک، دوره زمین شناسی، فاصله ایستگاه تا گسل، بیشینه پتانسیل لرزه زایی گسل اصلی و... مورد نظر قرار گرفته و زلزله طبرس باتوجه به اهمیت آن از لحاظ قدرت، فرم طیف شتاب، محتوای فرکانسی و دیرش زلزله به عنوان رکورد مورد استفاده انتخاب شده است [۵] و از آنجا که اغلب آیین نامه ها حداقل

سه رکورد از سه زلزله مختلف را توصیه می نمایند، در این تحقیق رکورد زلزله های طیس، گلباف و السنترو که شرایط فوق الذکر برآورده کرده اند، انتخاب شده اند [1]. پس از آنالیز تاریخیچه زمانی تغییر مکان قائم گره های کف مخزن تحت رکوردهای فوق بررسی شده و حداکثر مقادیر آنها استخراج و در جدول ۶ و اشکال ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۶- حداکثر میزان بلندشدگی کف و نشست نامتقارن بستر

شماره مخزن	حداکثر نشست (cm)	مقدار مجاز نشست (cm)	حداکثر بلندشدگی (cm)	مقدار مجاز بلندشدگی (cm)	آسیب پذیری
۱	۰	۵	۱/۴	۳۰	OK
۲	۰	۵	۲/۴	۳۰	OK
۳	۱/۰	۵	۱۹	۳۰	OK



شکل ۱۱- تغییرات میزان نشست بسته به نسبت H/D

۱۰. راهکارهای مقاوم سازی

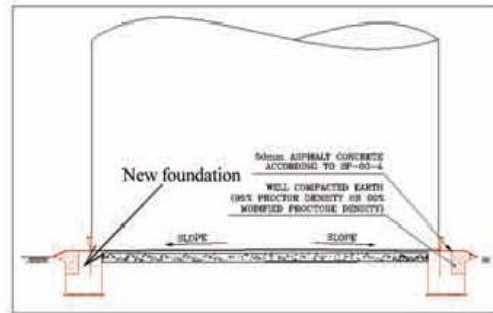
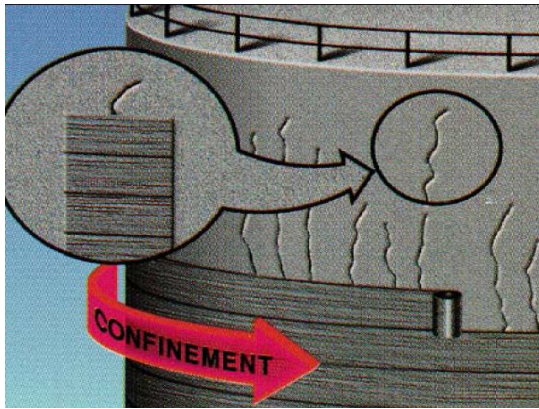
هدف اصلی در ارزیابی آسیب پذیری و مقاوم سازی، کاهش خطر و حداقل نمودن آن با در نظر گرفتن امکانات و منابع موجود می باشد [1]. در این پژوهش مشخص گردید که در کلیه مخازن بررسی شده، سطح سیال درونی در وضعیت بحرانی قرار گرفته است. همچنین نتایج حاکی از آنست که مخزن شماره پنج با نسبت ارتفاع به قطر یک دچارواژ گونی شده و ناپایدار می باشد. بدین ترتیب در ادامه راهکارهایی جهت مقاوم سازی این مخازن ارائه گردیده است.

به منظور جلوگیری از آسیبهای وارده به سقف در اثر پدیده Sloshing سیال که در همگی مخازن بررسی شده مشاهده گردیده است، به نظری رسد کاهش ارتفاع سیال درونی تا سطوح بیان شده در جدول ۵ بهترین راه حل موجود در عین حال کم هزینه ترین طرح پیشنهادی می باشد. در واقع چنین می توان بیان کرد که اگر میزان Free board مخازن برابر با $H/18$ (ارتفاع مخزن) در نظر گرفته شود، پدیده Sloshing، هیچگونه آسیبی را به سقف سازه وارد نخواهد ساخت. در مورد مخزن شماره پنج، پس از بررسی راه حلهای پیشنهادی آیین نامه API 650، افزودن یک رینگ بتنی به اطراف مخزن (زیر ورق پوسته) و مهار مخزن در این رینگ بتنی انتخاب شده و نسبت $M/[D^2(W_L + W_t)]$ در آن کنترل گردیده است. بدین ترتیب این نسبت به $0/56$ تقلیل یافته و کمتر از حد مجاز آن یعنی $1/57$ می باشد [4]. تنشهای کششی جداره نیز محاسبه گردیده و نتایج حاصله مطلوب ارزیابی شده است، بدین ترتیب که مقدار تنش کششی موجود در جداره پس از مقاوم سازی برابر با $12/34$ مگاپاسکال بوده که کمتر از مقدار مجاز آن ($43/58$ مگاپاسکال) می باشد. در طراحی این رینگ بتنی باید توجه نمود که بر طبق ضوابط آیین نامه API 650، فاصله میله مهارها نباید بیشتر از 3 متر در نظر گرفته شود. همچنین قطر مهارهای بکاررفته نباید کمتر از 25 میلیمتر باشد [4].

به منظور اجرای طرح فوق الذکر پیشنهادی گردد که خاک زیر مخزن در دو نقطه مقابل هم، به طول یک الی دو متر برداشته شده و مراحل آرماتور بندی و بتن ریزی انجام گردد و این عمل تا پوشش کامل محیط مخزن ادامه یابد.



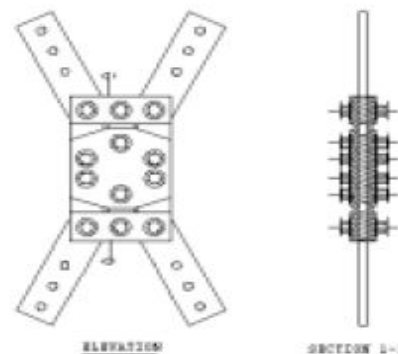
مخازن بتنی و فولادی با کامپوزیت FRP از بیرون می توانند تقویت لرزه ای شده و در صورت محدود بودن تأسیسات چون لوله ها و شیرآلات، پمپ و ... با ترکیب ژنومبران و تکستایل در مقابل نشی آب بند گردند



نمایی از رینگ بتنی برای مقاوم‌سازی



Elevation of retrofitted tank



Pall friction damper

تانکهای LPG نیز می‌توان با میراگرهای اصطکاکی مقاوم سازی کرد.

۱۱. نتیجه گیری

نتایج حاکی از آنست که برای ساخت مخازن فولادی حاوی نفت خام در منطقه شیراز با خطر لرزه خیزی زیاد و یا نواحی مشابه به آن:

- به منظور جلوگیری از پدیده واژگونی، باید از ساخت مخازن بانسبت ارتفاع به قطر بزرگتر از $0/7$ پرهیز شود.
- هر چه نسبت ارتفاع به قطر مخازن افزایش می یابد میزان کمانش الاستیک الماسی در جداره نیز افزایش خواهد یافت .
- هر چه نسبت ارتفاع به قطر مخزن افزایش می یابد ، میزان کمانش الاستو پلاستیک پافیلی نیز افزایش می یابد .
- هر چه قطر مخازن افزایش می یابد احتمال بروز پدیده Sloshing نیز بیشتر خواهد شد.
- بر طبق تحلیل‌های صورت گرفته، اگر ارتفاع Free board مخازن برابر $H/18$ (H: ارتفاع مخزن) در نظر گرفته شود، امواج ایجاد شده به هنگام زلزله، آسیبی به سقف سازه وارد نخواهد ساخت.
- در مخازن بررسی شده بانسبتهای $H/D \leq 1$ میزان بلندشدگی و نشست بستر کمتر از مقادیر مجاز آیین نامه ای می باشد.

۱۲. مراجع

1. ASCE , (2003), " Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities," American Society of Civil Engineers .
2. El-zeiny, A.A., (2003), "Factors Affecting the Nonlinear Seismic Response of unanchored Tank," 16th ASCE Engineering Mechanics Conference, University of Washington, Seattle, July 16-18.
3. Oil & Gas Journal, (April 2001), "Refining," Vol.99, No.15, pp.9.
4. API STANDARD 650, (November 1998), "Welded steel Tanks for oil storage," American Petroleum Institut , Tenth Edition . Adendum 1 , March 2000.
۵. آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله- استاندارد ۸۴-۲۸۰۰-ایران، (۱۳۸۴)، ویرایش سوم ، نشریه شماره ض-۲۵۳ ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن .

6-N.A.Hosseinzadeh, Ali Valaee, " Seismic vulnerability analysis of cylindrical steel above ground tanks in an oil refinery complex" First European Conference on Earthquake Engineering and seismology (1th ECEES) Geneva, Switzerland, 2006

۷- نقدعلی حسین زاده، امین معصومی گودرزی " بررسی مودهای شکست لرزه ای و راهکارهای مقاوم سازی مخازن استوانه ای فولادی مهار نشده در یک مجتمع نفتی " انجمن سازه های فولادی ایران، ۱۳۸۷

۸- ایمان الیاسیان، حسین میسمی، تکنیکهای بهسازی و مقاوم سازی سازه ها، انتشارات سازمان عمران ۱۳۸۹

۹- ایمان الیاسیان، کاربرد ژئوممبران و ژئوتکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی " سایت Hamkelassy

طرح و ساخت مخازن آب زمینی و هوایی

ایمان الیاسیان ، حسین کربلایی فرجی ، کارشناسان ارشد

خلاصه

در ادامه آشنایی با طراحی و اجرای سازه های خاص یا توجه به کاربرد مخازن هوایی و زمینی آب در صنایع مختلف چون آب از جمله اجزای اصلی شبکه های آبرسانی، ذخیره نگهداری و تأمین فشار، نفت و ... لزوم آشنایی مهندسان سازه و عمران با آن را می طلبد که در این مقاله به آن می پردازیم.

تعریف مخازن:

- مخازن یا انباره ها ساختمان هایی می باشند که برای نگهداری مواد به منظورهای مختلف به کار می روند.

طبقه بندی مخازن:

مخازن آب را به گونه های مختلف می توان گروه بندی کرد :

۱- رده بندی مخازن بر حسب شکل و ترکیب:

الف- مخازن استوانه ای (گرد)

ب- مخازن مکعب و مستطیل شکل

پ- مخازن مخروطی

و غیره...

۲- طبقه بندی بر حسب اندازه:

الف- مخازن با اندازه های کوچک (با ظرفیت حدود ۵۰ متر مکعب)

ب- مخازن با اندازه های متوسط (با ظرفیت حدود ۱۵۰ تا ۵۰۰ متر مکعب)

پ- مخازن با اندازه های بزرگ (با ظرفیت حدود ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر مکعب)

ت- مخازن با اندازه های بسیار بزرگ (با ظرفیت بیشتر از ۵۰۰۰ متر مکعب)

۳- طبقه بندی بر حسب موقعیت:

الف- مخازن زمینی (مدفون Buried tanks - نیمه مدفون و واقع بر روی زمین Elevated tanks)

ب- مخازن هوایی

۴- طبقه بندی بر حسب مصالح ساختمانی:

- مخازن آب را بیشتر از فلز و یا بتن مسلح می سازند و بر این اساس تحت عنوان مخزن فلزی و یا مخزن بتنی نامیده می شوند.

ملاحظات مربوط به انتخاب نوع مخزن:

از مزایای مخازن بتنی باید دوام و مقاومت مکانیکی و شیمیایی و راحتی اجرا برای مخازن بزرگ را نام برد. از سوی دیگر، در مخازن فلزی امکان نشت آب وجود ندارد در حالیکه پدیده نشت آب از جدار مخزن می تواند یکی از مسائل عمده مرتبط با مخازن بتنی باشد.

مخازن هوایی آب را، افزون بر ذخیره آب، معمولاً برای تأمین فشار کافی در شبکه در موارد عادی و در مواقعی که دستگاه پمپاژ بطور موقت از کار می افتد و نیز برای کنترل مصرف آب و کاستن اثراتی چون ضربه آب می سازند مخازن زمینی آب، از سوی دیگر، عموماً نقش منبعی برای ذخیره آب را دارند. البته از مخازن زمینی نیز، در صورتیکه نسبت به شبکه دارای بلندای کافی باشند، استفاده های یاد شده در مورد شبکه های هوایی را نیز می توان نمود.

تعیین شکل کلی و ابعاد مخزن یکی دیگر از ملاحظات عمده ای است که در طرح مخازن مطرح می شود. رویهم رفته، می توان گفت که اشکال چهار گوش (مکعب مستطیل شکل) برای مخازن کوچک با ظرفیت های کم مناسب تر از اشکال استوانه ای می باشند. در سوی دیگر طیف حجمی نیز می توان گفت که اجرای منابع بسیار بزرگ زمینی با پلان چهار

رگوش رویهم رفته راحت تر از مخازن استوانه ای نظیر بوده و از این رو مخازن مکعب مستطیل برای ظرفیتهای بسیار زیاد معمول تر می باشند.

اما در مورد ملاحظات مربوط به نشت آب از مخازن بتنی و در ارتباط با انتخاب شکل مخزن، باید گفت که با حجم مفروض، سطح تر شونده مخازن چند گوش بیشتر از سطح تر شونده مخازن گرد است. افزون بر این، اجرای سیستم های پیش تنیدگی یا پس فشردگی در مخازن گرد سهل تر از پیش تنیدن مخازن چند گوش می باشد. مخازن زمینی، گاهی با سقف و گاهی بدون سقف اجرا می شوند. در مخازن کوچک، سقف را می توان مستقیماً بر روی دیواره های مخزن جای داد. در مخازن بزرگتر گاهی نیاز به ستون ها و یا دیوارهای میانی برای تحمل تاوه سقف پیش می آید. پوشش سقف در مخازن مکعب مستطیل شکل معمولاً از نوع تاوه ای است. اما در مخازن استوانه ای علاوه بر سقف های تاوه ای، مستوی و پوشش گنبدی نیز به کار می رود. کف مخازن چهار گوش معمولاً بصورت تاوه مطبق و یا تاوه چند وجهی است، در حالیکه کف مخازن گرد می تواند مستوی، گنبدی و یا مخروطی نیز باشد. افزون بر ملاحظات یاد شده، انتخاب شکل هندسی مقطع مورد نظر با توجه با وجوه اقتصادی، امکانات اجرایی و شکل زمین نیز صورت می گیرد.





بارگذاری و محاسبات مربوط به مخازن

برای آنالیز مخازن عموماً از تئوریهای ارتجاعی آنالیز سازه‌ها استفاده می‌شود. همچنین از آنجا که بروز ترک، هر قدر که جزئی باشد، در دیواره و کف مخازن بتنی مجاز نیست، از این روی محاسبات مربوط به طرح مخازن معمولاً براساس رفتار ارتجاعی سازه صورت می‌گیرد.

از دیدگاه ساختمانی، یک مخزن، بطور کلی، از چندین بخش تشکیل می‌شود. بخش‌های باربرنده متشکله یک مخزن عبارتند از: سقف، دیواره، کف، عناصر تقویتی، ستونها، بادبندها و شالوده، که بسته به نوع مخزن در سیستم‌های ساختمانی آن بکار خواهند رفت. چگونگی بارگذاری و تعیین بار بحرانی که مخزن باید برای آن طرح شود از مسائل اصلی مربوط به محاسبه مخازن است. در این مورد باید بین مخازن هوایی و زمینی تمایز قائل شد و بارگذاری هر کدام را جداگانه بحث کرد.

الف- بارگذاری مخازن هوایی

سیستم بار وارده بر مخازن هوایی مشتمل است بر بار مرده، فشار مایع داخل مخزن، اثر باد بر روی مخزن و اثرات زلزله و نیز نیروی باد که بر کل سیستم ساختمانی وارد می‌آید. بر این اثرات باید تنش‌های حرارتی و نیروهای دینامیکی ناشی از تلاطم مایع در هنگام وقوع زلزله و یا وزش باد شدید را نیز افزود. بدیهی است که محاسبه مخزن باید با توجه به ترکیب بحرانی محتمل اثرات یاد شده صورت گیرد. همچنین کل سیستم ساختمانی متشکل از مخزن، ستونها، بادبندها و پی نیز باید بگونه‌ای باشد که بتواند اثرات قائم و جانبی ناشی از باد و زلزله را تحمل کند و پایداری عمومی خود را حفظ نماید.

ب- بارگذاری مخازن زمینی

در مخازن زمینی، اثر برخی از نیروهای یاد شده در قیل مثل نیروهای باد و تنشهای حرارتی یا کم است و یا آنکه در گونه‌هایی از مخازن مثل مخازن مدفون اساساً چنین تاثیراتی وجود ندارد. در عوض بعلت تماس مخزن با زمین بارهای تازه‌ای بر مخزن وارد می‌آیند که باید در محاسبات منظور گردند. به طور کلی، محاسبه منابع زمینی را باید با توجه به سیستم‌های بارگذاری زیر انجام داد. ۱- سیستم بارگذاری که در آن مخزن در مرحله آزمایش از آب پر شده لیکن پشت دیواره هایش هنوز خاکریزی نشده است.

۲- حالتی که مخزن خالی از آب است اما در زمین مدفون شده و تحت تاثیر فشار خاک اطراف و احتمالاً فشار آب زیر زمینی قرار گرفته باشد ۳- حالتی که در آن بخشی از مخزن و یا تمامی آن از مایع پر شده و تحت تاثیر اثرات ناشی از زمین اطراف نیز قرار گرفته است بر اثرات یاد شده در بالا باید تنشهای حرارتی، حرکات ناشی از زمین لرزه و دیگر بارهای احتمالی را افزود.

مخازن هوایی آب

رایجترین انواع مخازن هوایی آب عبارتند از:

الف- مخزن دایره ای

Intz ب- مخزن استوانه ای با کف گنبدی و گنبد مخروطی

پ- مخزن با شکل مخروطی یا کیفی

مخزن دایره ای

مخزن دایره ای که یک دال تخت یا افقی در کف خود دارد، با ظرفیت ذخیره ای کمتر از ۲۰۰۰۰۰ لیتر و قطر ۵ تا ۸ متر، اقتصادی است. عمق مخزن معمولاً بین ۳ تا ۴ متر است. دیوارهای جانبی برای مقاومت در برابر تنش حلقوی محیطی و لنگر خمشی طراحی می شوند، زیرا دیوارها به دال کف در محل اتصال ثابت شده اند. نیروهای طرح با استفاده از ضرایب توصیه شده در آیین نامه هندوستان (IS:3370 محاسبه می شوند، این ضرایب به صورت تابعی از پارامتر بی بعد (H^2/Dt) بیان می شوند که در آن :

$$H = \text{ارتفاع مخزن آب}$$

$$D = \text{قطر مخزن}$$

$$T = \text{ضخامت دیواره مخزن}$$

دال مدور کف مخزن برای مقاومت در برابر لنگرهای شعاعی و محیطی، طراحی می شود.

Intz مخزن

در صورت استفاده از مخازن مرتفع مستدیر با قطر زیاد، نیاز به دالهای کف ضخیمتری پیدا می شود که منجر به طرحهایی غیر اقتصادی می گردد. در این گونه موارد، استفاده از مخازن Intz که دارای گنبد مخروطی و گنبد کروی تحتانی اند، راه حلی اقتصادی می باشد. مشخصات گنبد مخروطی فوقانی و گنبد کروی تحتانی را چنان انتخاب می کنیم که رانش خارجی ناشی از گنبد تحتانی با رانش داخلی ناشی از بخش گنبد مخروطی کف مخزن در تعادل قرار گیرند.

Intz الف- اجزای سازه ای مخزن نوع

با توجه به شکل اجزاء سازه ای مختلف مخزن نوع Intz عبارتند از :

- ۱- گنبد کروی فوقانی ۲- تیر حلقوی فوقانی ۳- دیوارهای مدور جانبی ۴- تیر حلقوی تحتانی ۵- گنبد مخروطی ۶- گنبد کروی تحتانی ۷- شاه تیر مدور تحتانی ۸- برج با ستون ها و مهارها ۹- شالوده ها
- در شکل نشان داده شده است D قطر مخزن باشد، ابعاد سایر اجزاء سازه ای نسبت به D اگر

اصول طراحی مخزن Intz

۱- گنبد کروی فوقانی

با توجه به شکل داریم

$$t = \text{ضخامت گنبد که معمولاً بین ۷۵ تا ۱۰۰ mm متغیر است.}$$

$$h = \text{خیز (ارتفاع) گنبد که بین ۱/۵ تا ۱/۶ قطر مخزن (D) است.}$$

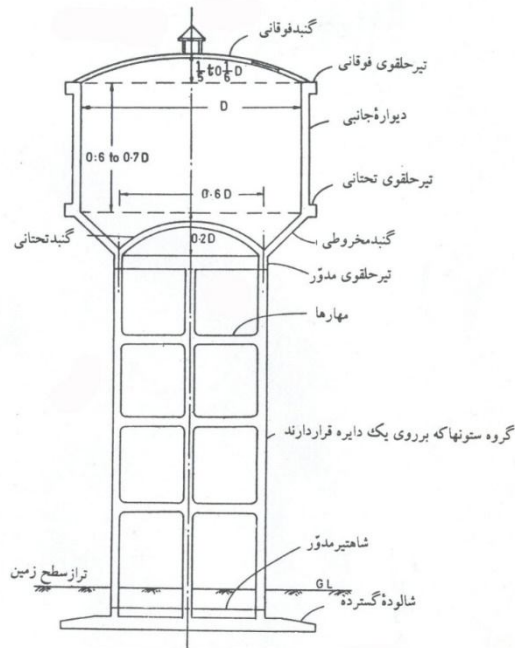
$$R = \text{شعاع گنبد}$$

$$W = \text{بار گسترده یکنواخت در واحد سطح گنبد}$$

فولاد گذاری گنبد برای بیشترین نیروهای رانشی نصف النهاری و محیطی، طراحی می شود. این نیروها از روابط زیر بدست می آیند.

$$= T1 = \text{رانش نصف النهاری}$$

$$= \text{نیروی محیطی} = (T2) = \frac{wr}{1 + \cos \theta}$$



۲- تیر حلقوی فوقانی

کشش حلقوی در تیر حلقوی = ()

شکل سطح مقطع عرضی تیر حلقوی ، با محدود کردن تنش کششی در تیر حلقوی به مقادیر خاصی که در آیین نامه هندوستان IS:456-1978 آمده است ، معین میشود، این مقادیر به نوع بتن بستگی دارند . تنش کششی از معادله زیر بدست می آید

که در آن

$F_t =$ کشش حلقوی یا مستقیم

$A_c =$ سطح مقطع عرضی بتن

$m =$ نسبت مدولی (نسبت مدول کشسانی فولاد به بتن)

$A_{st} =$ سطح مقطع فولاد

۳- دیوارهای جانبی مخزن

دیوارهای جانبی مخزن برای مقاومت در برابر کشش حلقوی ناشی از فشار آب مخزن طراحی می شوند.

حداکثر کشش حلقوی

که در آن

$w =$ چگالی آب (10 KN/m^3)

$H =$ ارتفاع دیوارهای قائم

$D =$ قطر مخزن

حداقل ضخامت ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر در قسمت فوقانی برای دیواره مخزن در نظر گرفته می شود، ضخامت قست تحتانی دیوار قائم با محدود کردن تنش کششی تعیین میشود. فاصله بین میلگردهای حلقوی به تدریج به سمت بالای مخزن افزایش می یابد . در جهت عمودی ، معادل ۰/۳٪ مقطع فولاد نیز برای توزیع و دما منظور میشود.

۴- تیر حلقوی تحتانی

با توجه به شکل اگر

$V1$ = وزن سقف ، دیوار جانبی و تیر حلقوی فوقانی بر واحد طول تیر حلقه ای

h = ارتفاع آب بالای تیر حلقوی

T = نیروی رانش در گنبد مخروطی

D = قطر تیر حلقوی

H = نیروی افقی ایجاد شده در اتصال

d = عمق تیر حلقه ای

آن گاه ، برای تعادل نیروها داریم

و کشش حلقوی در تیر برابر است با

فولاد گذاری تیر حلقه های ، برای تحمل کشش حلقوی و مقطع بر اساس محدود کردن تنش

کششی در بتن طراحی می شود.

۵- گنبد مخروطی

با توجه به شکل داریم

$V2$ = کل بار بر واحد طول پایه گنبد مخروطی

T = رانش نصف النهاری در دال ، ناشی از $V2$

H = کشش حلقوی ناشی از فشار آب و وزن دال گنبد مخروطی

P = شدت فشار آب در عمق h زیر سطح آب

q = وزن دال مخروطی بر واحد سطح دال

= زاویه ای که دال مخروطی با افق می سازد

D = قطر در عمق h نسبت به قسمت فوقانی

نیروی رانش نصف النهاری و کشش حلقوی در گنبد مخروطی، به ترتیب، از معادله های زیر بدست می آید

فولاد گذاری گنبد مخروطی برای مقاومت در برابر کشش حلقوی و رانش نصف النهاری طراحی می شود.

۶- گنبد کروی تحتانی

طرح گنبد تحتانی مشابه طرح گنبد فوقانی است. بارهای طرح برای گنبد، شامل وزن خود گنبد و وزن ستون آب بالای گنبد است.

فولاد گذاری گنبد برای مقاومت در برابر رانش نصف النهاری و نیروهای محیطی طراحی می شود.

۷- شاه تیر دایره ای تحتانی

با توجه به شکل داریم

$T1$ = نیروی رانشی در راستای گنبد مخروطی که با زاویه () نسبت به افق عمل می کند

$T2$ = رانش از طرف گنبد کروی تحتانی که به زاویه () نسبت به افق عمل می کند.

P = نیروی افقی خالص وارد بر تیر حلقوی.

اگر () آن گاه، تیر حلقوی تحت اثر نیروی فشاری است؛ مقدار این نیروی فشاری در مخازنی که نسبت ها به خوبی رعایت شده باشند، قابل صرف نظر کردن است.

بار قائم وارد بر تیر حلقوی با استفاده از رابطه () محاسبه می شود؛ همچنین این بار را می توان با تقسیم کردن کل بارهای قائم بر پیرامون تیر حلقوی تحتانی بدست آورد

تیر حلقوی بر روی تعدادی ستون قرار دارد که به فاصله مساوی روی محیط دایره مستقر شده اند. ضرائب لنگری که در

جدول آمده است به تعداد ستون ها بستگی دارد . این ضرائب در محاسبه لنگرهای خمشی و پیچشی حداکثر شاه تیر دایره

ای بکار می آیند.

۸- برج با ستون و مهارها

در این گونه برج ها، از یک گروه ستون که به یکدیگر مهار شده اند و در فواصل منظمی روی محیط دایره قرار گرفته اند، استفاده می شود. ستون ها و مهارها برای تحمل نیروها و لنگرهای حداکثر ناشی از بارهای مرده و باد که بر برج وارد می شوند، طراحی می شوند.

۹. شالوده

شالوده یک گروه دایره ای شکل از ستون ها، معمولاً مشتمل است بر یک تیر حلقوی همراه با یک دال تخت که به صورت پی گسترده عمل می کند. تیر حلقوی برای تحمل لنگرهای خکشی و پیچشی حداکثر و دال گسترده حلقوی برای تحمل حداکثر فشار خاک وارد بر کف طراحی می شود.

مثال

طراحی یک مخزن آب از نوع intz با ظرفیت یک میلیون لیتر مورد نظر است. این مخزن روی برجی شامل هشت ستون قرار می گیرد. پایه مخزن ۱۶ متر بالاتر از سطح زمین

است. عمق شالوده ها ۱m زیر سطح زمین است. بتن نوع M-20 و فولاد نوع Fe-415 انتخاب کنید. مخزن را بر اساس تنشهای مشخصه تر آیین نامه هندوستان IS:3370 و IS:456 طراحی کنید.

1- داده ها

ظرفیت مخزن = یک میابون لیتر = 1000 m^3

ارتفاع برج نگهدارنده = ۱۶m

تعداد ستونها = ۸

عمق شالوده ها = m از زیر سطح زمین

۲- تنشهای مجاز

برای محاسبات مربوط به مقاومت در برابر ترک خوردگی با توجه به آیین هندوستان

IS:3310 برای بتن نوع M-20 و فولاد تابیده نوع Fe-415 داریم

150 N/mm^2

تنش در بتن و فولاد را، همانگونه که در آیین هندوستان IS:456 توصیه شده است، برابر

می گیریم

3- ابعاد مخزن

D = قطر داخلی مخزن با فرض عمق متوسط $0.75D$ ، داریم

$$D = 12$$

ارتفاع قسمت استوانه ای مخزن = ۸ m

عمق گنبد مخروطی = ۲m

قطر برج نگهدارنده = ۸ m

فاصله بین مهارها = ۴m

۴- طراحی گنبد فوقانی

ضخامت دال گنبد = $t = 100 \text{ mm}$

بار زنده روی گنبد = $1/5 \text{ KN/m}^2$

وزن خود گنبد = $(0.1 * 24) = 2/4 \text{ KN/m}^2$

بار نما سازی = 0.1 KN/m^2

کل بار = $W = 4/0 \text{ KN/m}^2$

اگر R = شعاع گنبد

D = قطر پایه گنبد = ۱۲m

$r =$ خیز مرکزی $= 12 * 1/6 = 2m$ آن گاه

$$R = \left[\frac{(D/2)^2 + r^2}{2 * r} \right] = \left[\frac{6^2 + 2^2}{2 * 2} \right] = 10m$$

$$\theta = 36^\circ 50' \quad \cos \theta = \left(\frac{8}{10} \right) = 0.8$$

نیروی رانش نصف النهاری عبارت است از

$$T1 = \left(\frac{WR}{1 + \cos \theta} \right) = \left(\frac{4 * 10}{1 + .8} \right) = 22 / 22 KN / m$$

نیروی محیطی برابر است با

$$WR \left[\cos \theta - \frac{1}{1 + \cos \theta} \right] = \left[4 * 10 * .8 - \frac{1}{1/8} \right] = 10KN / m$$

تنش نصف النهاری عبارت است از

$$\left(\frac{22 / 22 * 10^3}{1000 * 100} \right) = .22 \langle 5N / mm^2$$

وتنش حلقوی برابر است با

$$\left(\frac{10 * 10^3}{1000 * 100} \right) = .10N / mm^2 \langle 5N / mm^2$$

تنش ها در حد ایمن اند. با در نظر گرفتن فولاد گذاری نامی معادل ۳٪ داریم

$$Ast = \left(\frac{.3 * 100 * 1000}{100} \right) = 300 mm^2$$

از میلگردهای ۸mm با فواصل مرکز تا مرکز ۱۶۰mm هم به صورت محیطی وهم به صورت نصف النهاری ، استفاده می شود.

۵- طراحی تیر حلقوی فوقانی

$$Ft = \left(\frac{T1 * \cos \theta * D}{2} \right) = \left(\frac{22 / 22 * .8 * 12}{2} \right) = 106 / 6KN$$

$$Ast = \left(\frac{106 / 6 * 10^3}{150} \right) = 710mm^2$$

از ۸میلگرد ۱۲mm استفاده می شود

$$Ast = 904mm^2$$

اگر سطح مقطع عرضی تیر حلقوی

$$\left(\frac{106 / 6 * 10^3}{Ac + 13 * 904} \right) = 1/2 \Rightarrow Ac = 77082mm^2$$

تیر حلقوی فوقانی ۳۰۰mm * ۳۰۰mm انتخاب می شود ، از ۸ میلگرد ۱۲mm

فولادگذاری اصلی واز میلگردهای ۶mm با فواصل مرکز تا مرکز ۲۰۰mm به عنوان خاموت استفاده می شود.

۶- طراحی دیوار استوانه ای مخزن

$$Ft = \left(\frac{w * h * D}{2} \right)$$

حلقوی حداکثر در پایه دیوار برابر است با
که W چگالی آب و h عمق آب است.

$$Ft = \left(\frac{10 * 8 * 12}{2} \right) = 480 \text{ KN / m}$$

$$Ast = \left(\frac{410 * 10^3}{150} \right) = 3200 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

از میلگردهای ۲۰mm با فواصل مرکز تا مرکز ۱۸۰mm، در هروجه استفاده می شود

$$Ast = 3492 \text{ mm}^2$$

سطح فولاد لازم در فاصله ۲m پایینتر از قسمت فوقانی برابر است با

$$Ast = \frac{2}{8} * 3200 = 800 \text{ mm}^2$$

بنابراین، از میلگردهای ۱۰mm با فواصل مرکز تا مرکز ۱۸۰mm، در هر وجه استفاده می شود.

اگر t=ضخامت دیوار جانبی در قسمت پایین، آن گاه

$$\left[\frac{480 * 10^3}{1000 * t + (13 * 3492)} \right] = 1/2 \Rightarrow t = 358 \text{ mm}$$

بنابراین ، ضخامت دیوار در قسمت تحتانی برابر ۴۰۰mm انتخاب می شود که به تدریج به

۲۰۰mm در قسمت فوقانی می رسد.

فولاد توزیعی

$$Ast = \left(\frac{. / 2 * 400 * 1000}{100} \right) = 800 \text{ mm}^2$$

در پایین

از میلگردهای ۱۰mm با فواصل مرکز تا مرکز ۱۰۰mm، در هر دو وجه استفاده می شود.

$$Ast = \left(\frac{. / 3 * 200 * 1000}{100} \right) = 600 \text{ mm}^2$$

در بالا میلگردهای ۱۰mm با فواصل مرکز تا مرکز ۲۵۰mm، در هر دووجه استفاده می شود.

جزئیات فولاد گذاری در ارتفاعهای مختلف دیوارهای استوانه ای مخزن به شرح زیر است:

فصله از بالا فولاد حلقوی اصلی (هر وجه) فولاد توزیعی قائم (هر وجه)

10mm-250mm c/c	10mm -180mm c/c	0-2m
10mm-250mm c/c	16mm -200 mm	2 m - 4 m c/c
10mm-180mm c/c	20mm -180 mm	4 m - 8 m c/c

7- طراحی تیر حلقوی تحتانی

بارهای وارد بر تیر حلقوی:

بار ناشی از گنبد فوقانی برابر است با

$$r \sin \theta = \frac{22}{22} = 13/3 \text{ KN/m} \times \sin 36^\circ 50'$$

(رانش نصف النهار)

$$.13 * .13 * 24 = 2/16 \text{ KN/m}$$

بار ناشی از تیر حلقوی فوقانی عبارت است از

$$\left(\frac{.14 + .12}{2}\right) * 8 * 24 = 57/6 \text{ KN/m}$$

بار ناشی از دیوار استوانه ای برابر است با

$$(1/2 * .16 * 24) = 17/28 \text{ KN/m}$$

وزن خود تیر حلقوی (با فرض $1/2 \text{ m} * 1/6 \text{ m}$) عبارت است از

$$V1 = 91 \text{ KN/m}$$

کل بار قائم برابر است با

$$H = V1 \times \cos \theta = (91 * \cot 45) = 91 \text{ KN/m}$$

نیروی افقی عبارت است از

کشش حلقوی ناشی از بارهای قائم برابر است با

$$Hg = \left(\frac{H \cdot D}{2}\right) = \left(\frac{91 * 12}{9}\right) = 546 \text{ KN}$$

کشش حلقوی ناشی از فشار آب عبارت است از

$$Hw = \left(\frac{wh \cdot d \cdot D}{2}\right) = \left(\frac{10 * 8 * .16 * 12}{2}\right) = 288 \text{ KN}$$

$$(Hg + Hw) = (546 + 288) = 834 \text{ KN}$$

کل کشش حلقوی معادل است با

$$Ast = \left(\frac{834 * 10^3}{150}\right) = 5560 \text{ mm}^2$$

از ۱۸ عدد میلگرد $\Phi 20$ استفاده می شود ($Ast = 5562 \text{ mm}^2$) تنش کششی حداکثر برابر است با

$$\left[\frac{834 * 10^3}{(1200 * 600) + (13 * 5652)}\right] = 1/05 \text{ mm}^2 (1/2 \text{ mm}^2)$$

بنابراین، از یک تیر حلقوی با پهنای 1200 mm و عمق 600 mm با ۱۸ عدد میلگرد $\Phi 20$ و میلگردهای توزیعی $\Phi 10$

به صورت خاموت حلقوی در اطراف میلگردهای اصلی، با فواصل مرکز تا مرکز 180 mm استفاده می شود.

8- طراحی گنبد مخروطی

$$\left(\frac{12 + 8}{2}\right) = 10 \text{ m}$$

قطر میانگین گنبد مخروطی برابر است با

$$\left(8 + \frac{2}{2}\right) = 9 \text{ m}$$

عمق میانگین آب برابر است با

$$(\pi * 10 * 9 * 2 * 10) = 5655 \text{ KN}$$

وزن آب بالای گنبد مخروطی عبارت است از

با فرض اینکه ضخامت دال برابر 600 mm باشد، وزن دال به صورت زیر محاسبه می شود

$$(\pi * 10 * 2.83 * 0.6 * 24) = 1280 \text{ KN}$$

بار گنبد فوقانی، تیر حلقوی فوقانی، دیوار استوانه ای و تیر حلقوی تحتانی برابر است با

$$(\pi * 12 * 91) = 3430 \text{ KN}$$

کل بار در پایه دال مخروطی عبارت است از

$$(5655 + 1280 + 3430) = 10365 \text{ KN}$$

$$V_2 = \left(\frac{10365}{\pi \cdot 8} \right) = 413 \text{ KN/m}$$

بار بر واحد طول برابر است با

$$T = V_2 \times \cos \theta = 413 \times \cos 45 = 584 \text{ KN}$$

نیروی رانش نصف النهاری معادل است با

و تنش نصف النهاری عبارت است از

$$\left(\frac{584 \cdot 10^3}{600 \cdot 1000} \right) = 0.973 \text{ N/mm} \quad (5 \text{ N/mm}^2)$$

(ایمن است). کشش حلقوی در گنبد مخروطی در قسمت فوقانی دال گنبد مخروطی بیشترین مقدار دارد، بنابراین قطر D در این مقطع، حداکثر است.

$$H = (P \cdot \operatorname{cosec} \theta + q \cot \theta) \cdot \frac{D}{2}$$

کشش حلقوی برابر است با

$$p = (10 \cdot 8) = 80 \text{ KN/m}^2$$

فشار آب معادل است با

وزن دال گنبد مخروطی بر واحد سطح، به صورت زیر محاسبه می شود

$$q = (0.6 \cdot 24) = 14.4 \text{ KN/m}^2$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$D = 12 \text{ m}$$

$$H = (80 \times \cos 45 + 14.4 \times \cot 45) \times \frac{12}{2} = 765 \text{ KN}$$

$$A_{st} = \left(\frac{765 \times 10^3}{150} \right) = 5100 \text{ mm}^2$$

از میلگرد های $\Phi 25$ با فواصل مرکز تا مرکز 180 mm ($A_{st} = 5470 \text{ mm}^2$) در هردو وجه دال

استفاده می شود. سطح مقطع فولاد توزیعی لازم را چنین محاسبه می کنیم:

$$\left(\frac{0.2 \times 600 \times 1000}{100} \right) = 1200 \text{ mm}^2$$

از میلگردهای $\Phi 10$ با فواصل مرکز تا مرکز 130 mm در هردو وجه، در طول نصف النهارها استفاده

می شود. حداکثر تنش کششی برابر است با

$$\left[\frac{765 \times 10^3}{(600 \times 1000) + (13 \times 5470)} \right] = 1.13 \text{ N/mm}^2 \quad (1.2 \text{ mm}^2)$$

(ایمن است)

۹- ضخامت گنبد کروی تحتانی

ضخامت دال گنبد 300 mm و قطر گنبد در پایه $D = 8 \text{ m}$ فرض می شود، بنابراین خیز مرکزی

$$r = \left(\frac{1}{5} \times 8 \right) = 1.6 \text{ m}$$

برابر است با

اگر شعاع گنبد R باشد، داریم:

$$(2R - 1.6) \times 1.6 = 4^2 \Rightarrow \Rightarrow (2R - r)r = \left(\frac{D}{2} \right)^2 \quad R = 5.8 \text{ m}$$

وزن دال گنبد عبارت است از

$$(2 \times \pi \times 5.8 \times 1.6 \times 0.3 \times 24) = 420 \text{KN}$$

و حجم آب با لای آن برابر است با

$$\pi \times 4^2 (8 + 2) - \left[\frac{2\pi \times 5.8^2 \times 1.6}{3} - \frac{\pi \times 4^2}{3} (5.8 - 1.6) \right] = 460 \text{m}^3$$

وزن آب برابر است با $460 \times 10 = 4600 \text{KN}$ کل بار وارد بر گنبد عبارت است از $420 + 4600 = 5020 \text{KN}$ بار بر واحد سطح معادل است با

$$w = \left(\frac{5020}{\pi \times 4^2} \right) = 100 \text{KN} / \text{m}^2$$

$$T1 = \left(\frac{wR}{1 + \cos \theta} \right)$$

رانش نصف النهاری عبارت است از

$$\cos \theta = \left(\frac{4.2}{5.8} \right) = 0.724 \quad \theta = 43.6^\circ \quad T1 = \left(\frac{100 \times 5.8}{1 + 0.724} \right) = 336 \text{KN} / \text{m} \Rightarrow$$

تنش نصف النهاری برابر است با

$$\left(\frac{336 \times 10^3}{300 \times 1000} \right) = 1.12 \text{N} / \text{mm}^2$$

(ایمن است)

نیروی محیطی عبارت است از

$$wR \left(\cos \theta - \frac{1}{1 + \cos \theta} \right) = 100 \times 5.8 \left(0.724 - \frac{1}{0.724} \right) = 83.5 \text{KN} / \text{m}$$

$$\left(\frac{83.5 \times 10^3}{300 \times 1000} \right) = 0.28 \text{N} / \text{mm}^2$$

تنش حلقوی برابر است

(ایمن است)

با در نظر گرفتن فولاد گذاری نامی برابر با ۳٪، داریم

$$Ast = \left(\frac{0.28 \times 300 \times 1000}{100} \right) = 840 \text{mm}^2$$

Φ

از میلگردهای ۱۲mm با فواصل مرکز تا مرکز ۱۲۰mm به صورت محیطی و در طول

نصف النهارها استفاده می کنیم.

۱۰-طراحی شاه تیر تحتانی

نیروی رانشی از طرف گنبد مخروطی که با زاویه $\alpha = 45^\circ$ نسبت به افق عمل می کند

$$T1 = 413 \text{KN} / \text{m}$$

نیروی رانشی از طرف گنبد کروی که با زاویه $\beta = 43.6^\circ$ نسبت به افق عمل می کند

$$T2 = 336 \text{KN} / \text{m}$$

نیروی افقی خالص وارد بر تیر حلقوی

$$(T1 \times \cos \alpha - T2 \times \cos \beta) = [(413 * 0.707) - (336 * 0.724)] = 49 \text{ kN} / m$$

فشار حلقوی در تیر عبارت است از

$$\left(\frac{49 * 8}{2} \right) = 196 \text{ KN}$$

با فرض اینکه پهنای تیر حلقوی برابر ۶۰۰mm و عمق آن برابر ۱۲۰۰mm باشد تنش حلقوی معادل

$$\left(\frac{196 * 10^3}{600 * 1200} \right) = 0.27 \text{ N} / \text{mm}^2$$

است با

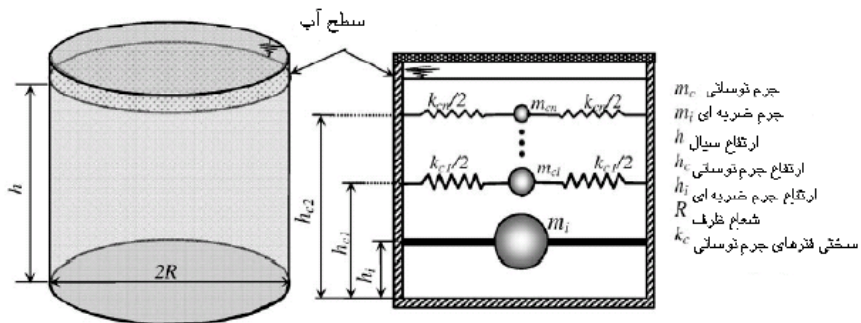
(ایمن است)

بار قائم وارد بر تیر حلقوی برابر است با

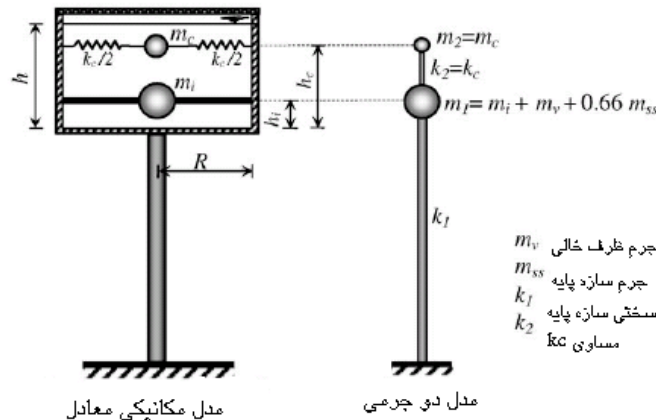
$$(T1 \times \sin \alpha + T2 \times \sin \beta) = [(413 * 0.707) + (336 * 0.690)] = 524.1 \text{ KN} / m$$

$$(0.6 * 1.2 * 24) = 17.3 \text{ KN} / m$$

وزن تیر معادل است با



تشابه سازی فتر - جرم برای مخازن استوانه ای مهار شده در زمین

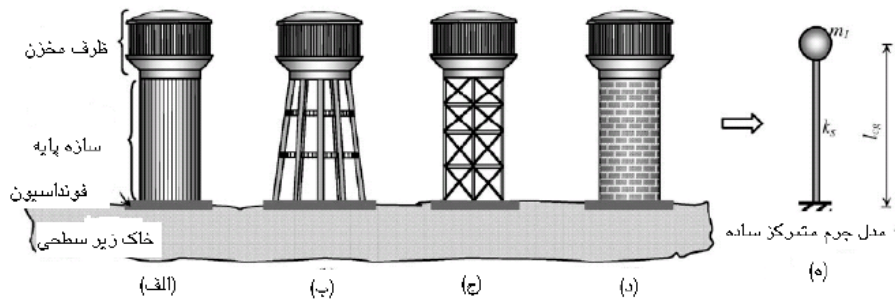


مدل دوجرمی پیشنهادی توسط هاوسنر برای مخازن هوایی

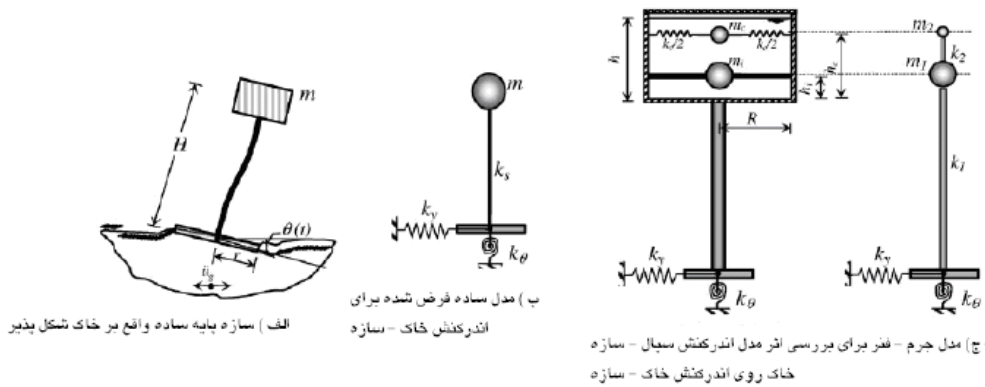
مکانیزمهای خرابی مخازن

- واژگونی
- کمانش الاستیم الماسی جداره
- کمانش الاستو پلاستیک پافیلی جداره
- لغزش مخزن
- آسیب دیدگی سقف
- بلند شدگی مف

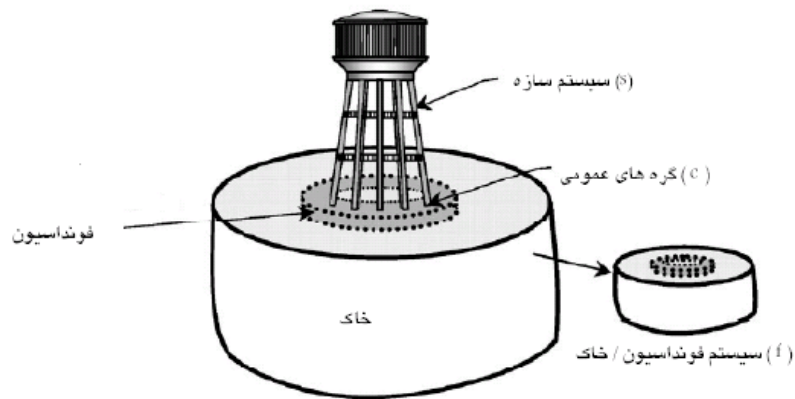
- نشست نامتقارن بستر
- نشست آب و ...



مدل جرم متمرکز ساده مخازن هوایی: (الف) مخزن با سازه پایه شفتی بتن مسلح، (ب) مخزن با سازه پایه قاب بتن مسلح، (ج) مخزن با سازه پایه قاب بتن مسلح یا قاب فولادی با مهاربندی مورب، (د) مخزن با سازه پایه از مصالح بنایی، (ه) مدل جرم متمرکز ساده



مدل مکانیکی برای اندرکنش سیال - سازه - خاک در مخازن هوایی



مدل اندرکنش سازه - فونداسیون / خاک برای مدل مورد بررسی

دسته اول - **Type 1** - مخازن مستطیلی:

Type 1.1 - گیردار (Fixed base)

Type 1.2 - مفصلی (Hinged base)

دسته دوم - **Type 2** - مخازن استوانه ای:

Type 2.1 - گیردار (Fixed base)

Type 2.1(1) - بتن مسلح (Reinforced Concrete)

Type 2.1(2) - بتن پیش تنیده (Prestressed Concrete)

Type 2.2 - مفصلی (Hinged base)

Type 2.2(1) - بتن مسلح (Reinforced Concrete)

Type 2.2(2) - بتن پیش تنیده (Prestressed Concrete)

Type 2.3 - انعطاف پذیر (Flexible base) (تنها در بتن پیش تنیده کاربرد دارد)

Type 2.3(1) - مهار شده (Anchored)

Type 2.3(2) - مهار نشده با انعطاف پذیری محدود (Unanchored, Contained)

Type 2.3(2) - مهار نشده با انعطاف پذیری جانبی (Unanchored, Uncontained)

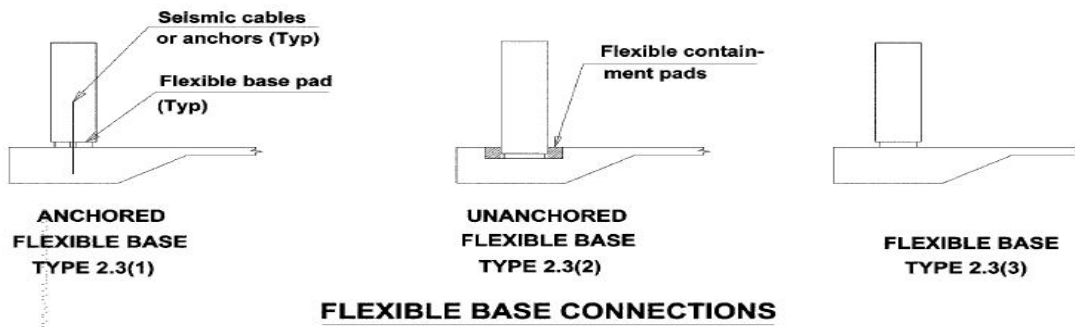
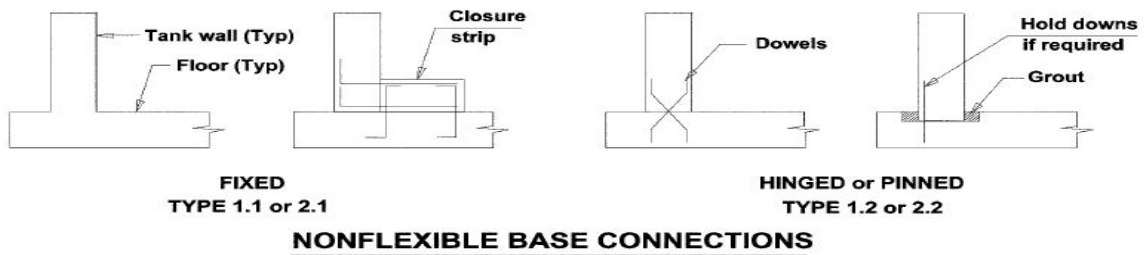
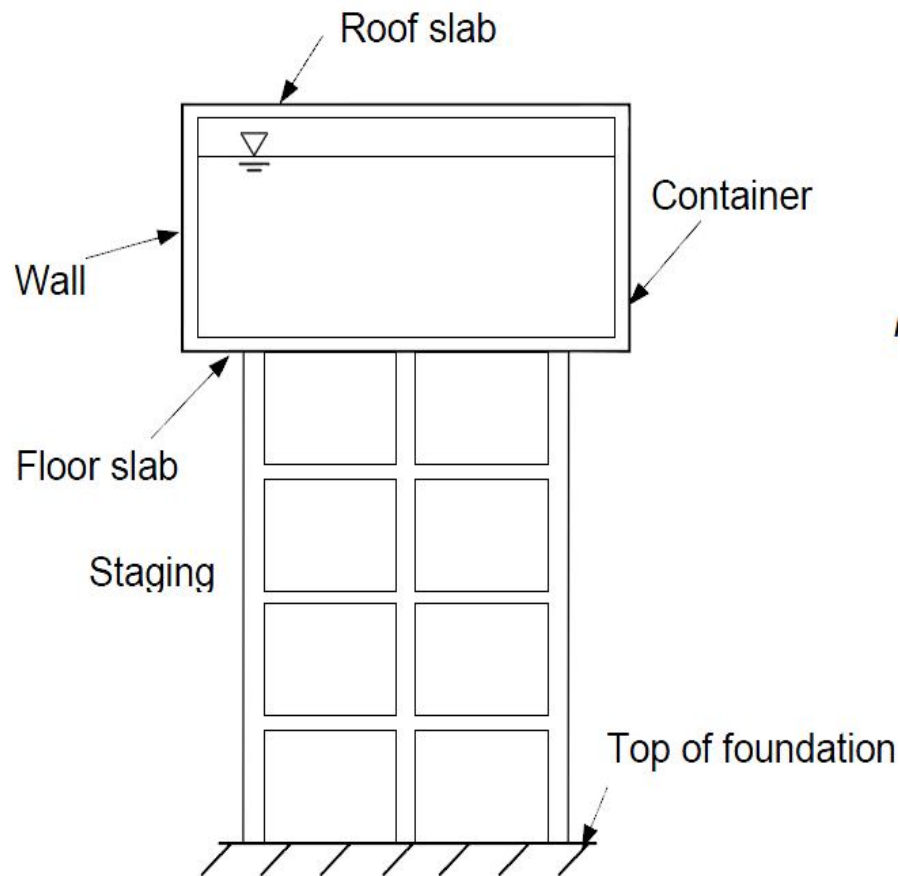


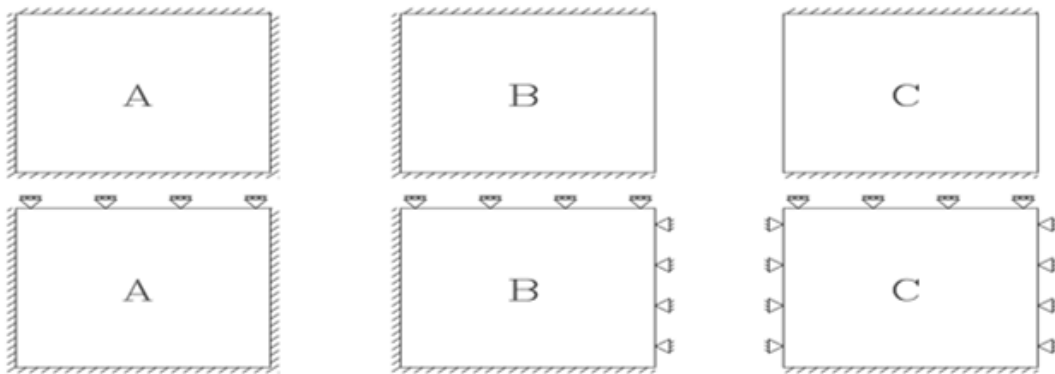
Fig. R2.1.1—Types of ground-supported, liquid-containing structures classified on the basis of their wall-to-footing connection details (base waterstops not shown).

پایه های مخازن هوایی به طور عمده دارای دو نوع سیستم سازه می باشند:
 پایه با قاب های مهاربندی شده (braced frame or column staging)
 پایه به صورت شافت مرکزی (Reinforced concrete shaft)



مخزن مستطیلی مسقف (Roof-covered Tank)

نام پانل	شرایط تکیه گاهی	رفتار سازه ای جهت انتقال بار
A	دال متکی بر چهارلبه	لنگر خمشی و کشش در امتداد طولی و فشار در امتداد قائم
B	دال متکی بر سه لبه و آزاد در لبه کناری	لنگر خمشی و کشش در امتداد طولی و فشار در امتداد قائم
C	دال طره ای گیردار در پایین و متصل به سقف در بالا	لنگر خمشی و فشار در امتداد قائم



مخزن استوانه ای بدون سقف (Open top Tank)

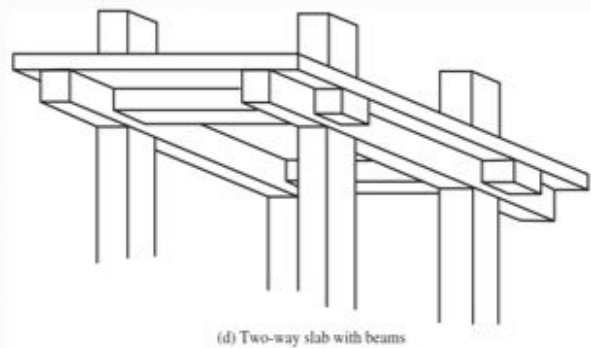
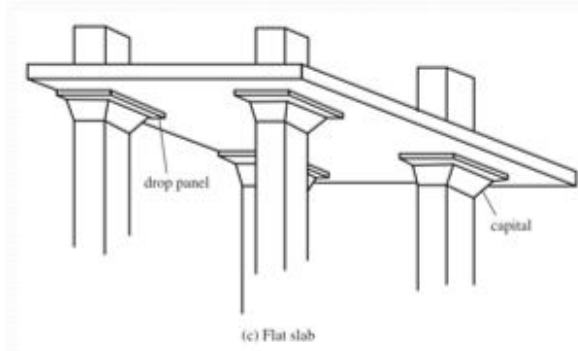
نوع سازه	شرایط تکیه گاهی	رفتار سازه ای جهت انتقال بار
یکپارچه	پوسته استوانه ای با تکیه گاه در پایین	کشش حلقوی (ring tension) و لنگر خمشی با توجه به میزان گیرداری تکیه گاه
غیر یکپارچه	دال طره ای گیردار در پایین و آزاد در لبه فوقانی	لنگر خمشی

مخزن استوانه ای مسقف (Roof-covered Tank)

نوع سازه	شرایط تکیه گاهی	رفتار سازه ای جهت انتقال بار
یکپارچه	پوسته استوانه ای با تکیه گاه در پایین و متصل به سقف در بالا	کشش حلقوی و لنگر خمشی با توجه به میزان گیرداری تکیه گاه و فشار در امتداد قائم
غیر یکپارچه	دال طره ای گیردار در پایین و متصل به سقف در بالا	لنگر خمشی و فشار در امتداد قائم

سیستم سقف:

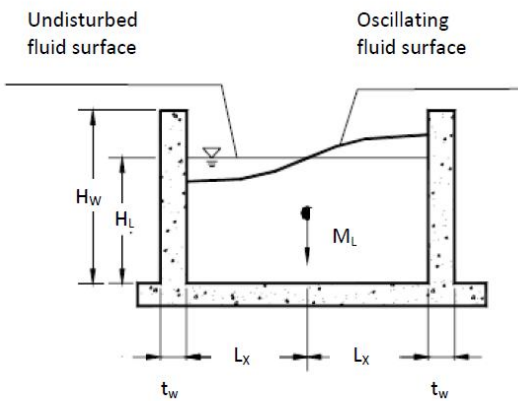
- دال تخت (Flat Slab)
- تیر-دال (Slab with beams)



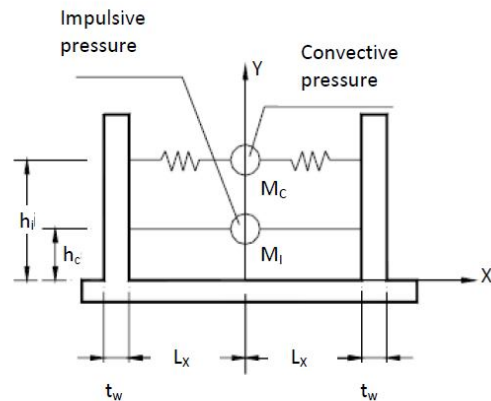
اتصال سقف به دیوار :

اتصال یکپارچه

اتصال غیر یکپارچه یا درز حرکتی (Movement Joint)



(a) Fluid motion in the tank



(b) Mechanical model of liquid

بارهای استاتیکی شامل بارهای زیر می باشند:

- بار مرده (Dead Load)
- بار زنده (Live Load)
- بار سیال درون مخزن (Contained Fluid Load)
- فشار استاتیک خاک (Static Soil Pressure)
- فشار برکنش (Uplift Pressure)
- نیروهای ناشی از تغییر درجه حرارت (Temperature Load)

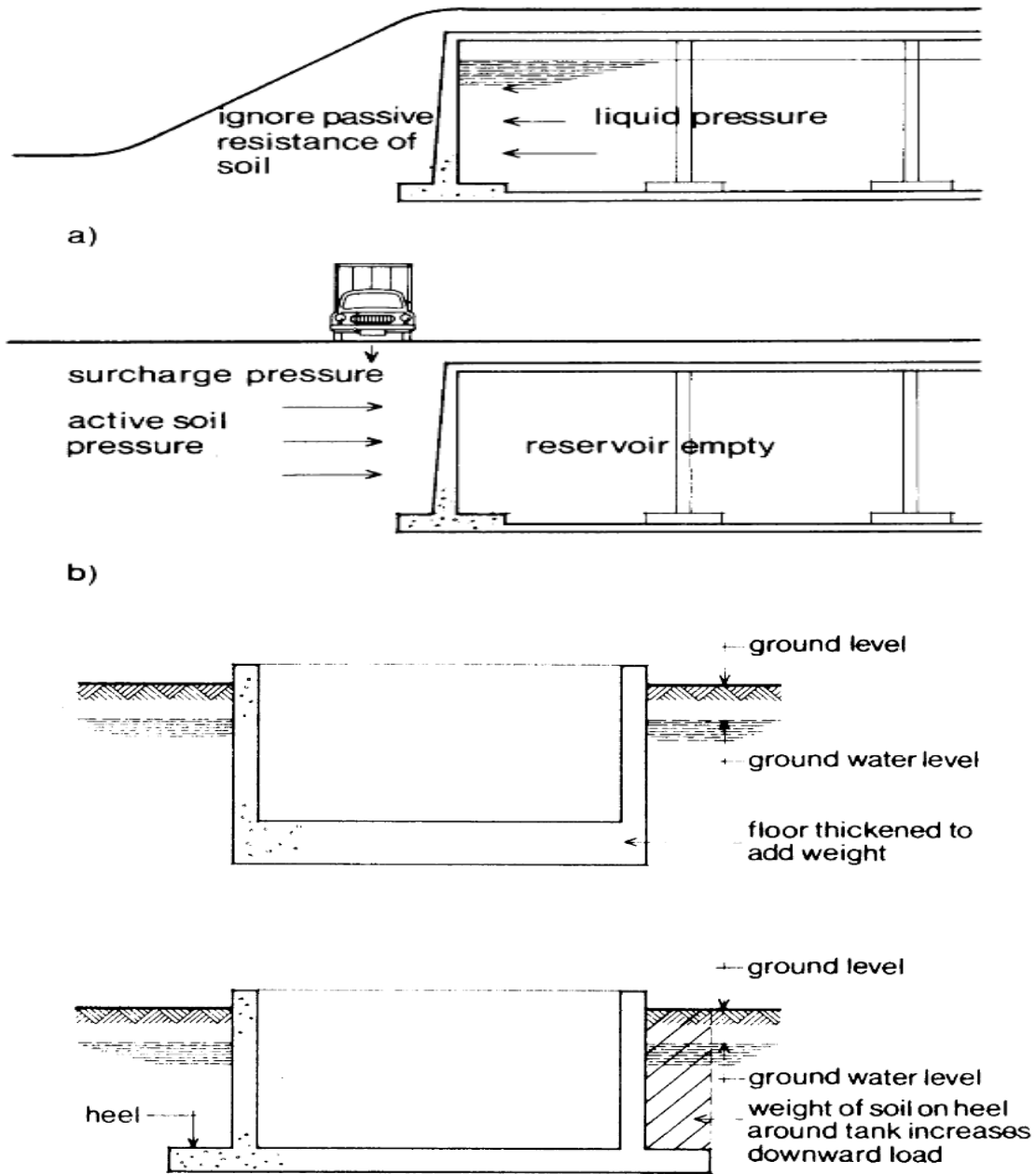
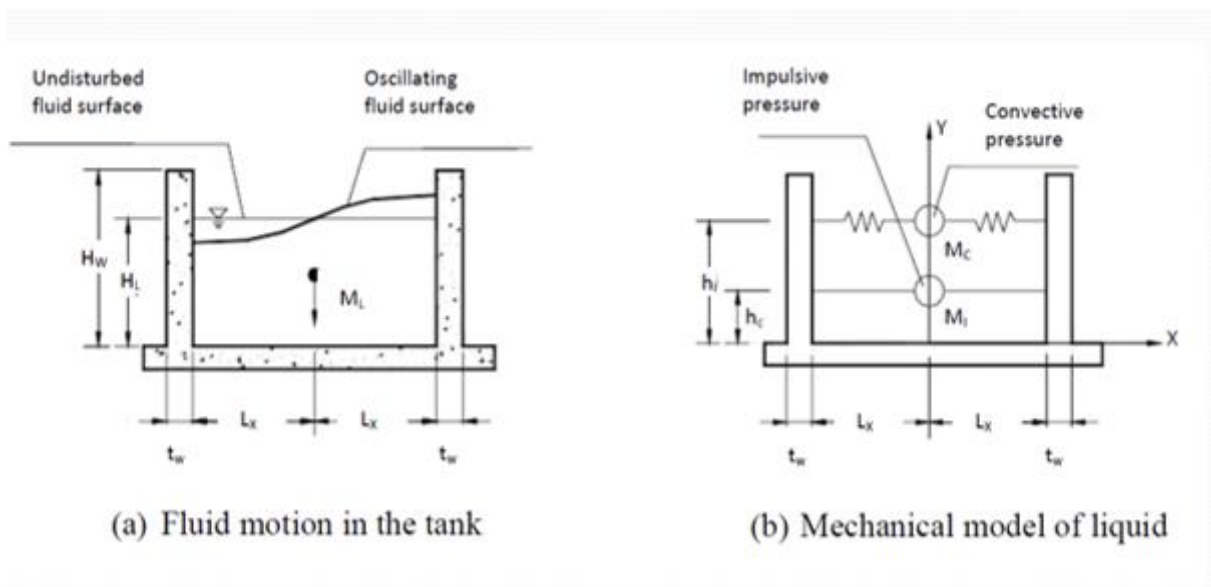
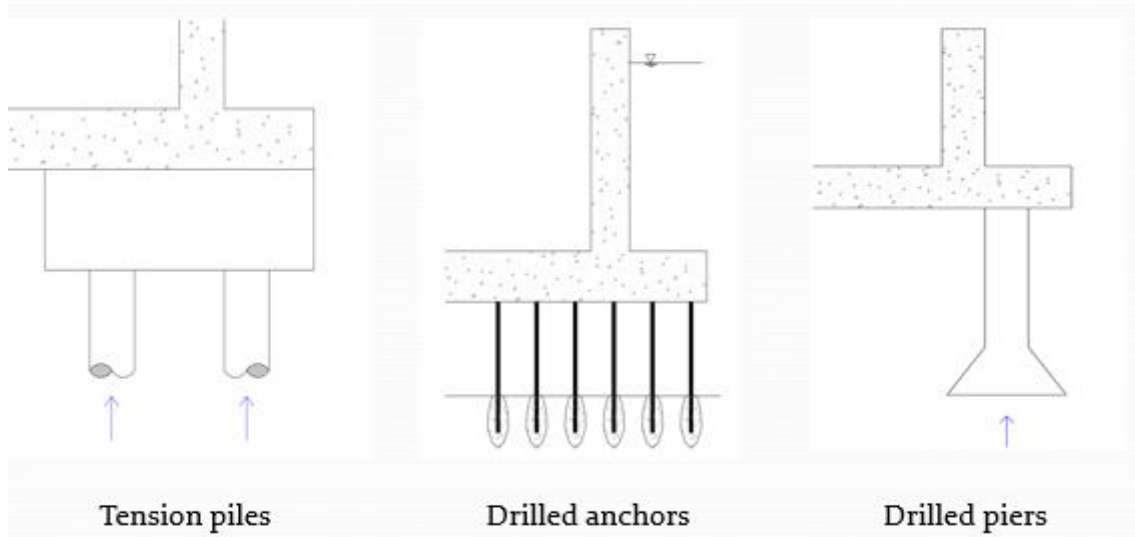


Fig. 2.13 Methods of preventing flotation
 (a) Additional dead weight
 (b) Provision of a heel



Housner's Model

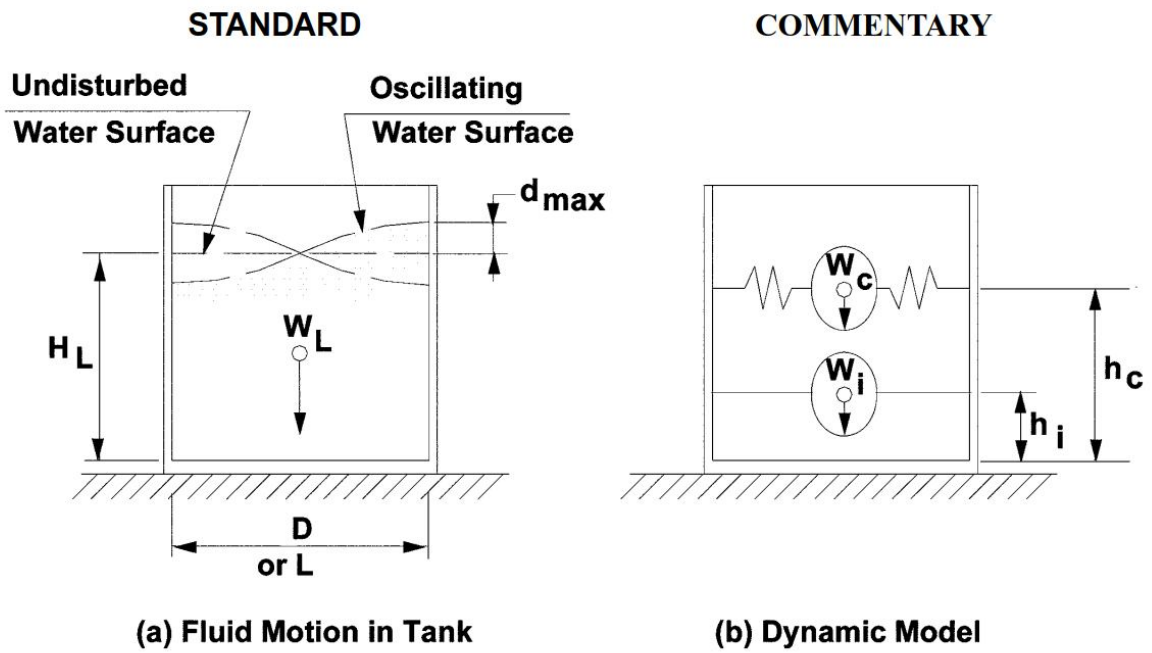
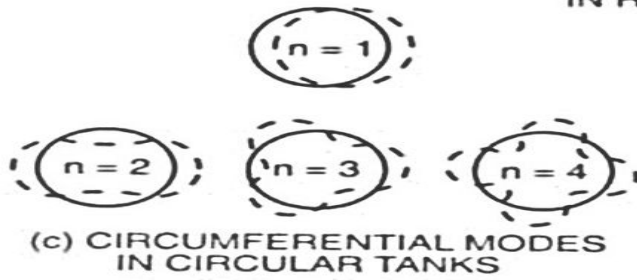
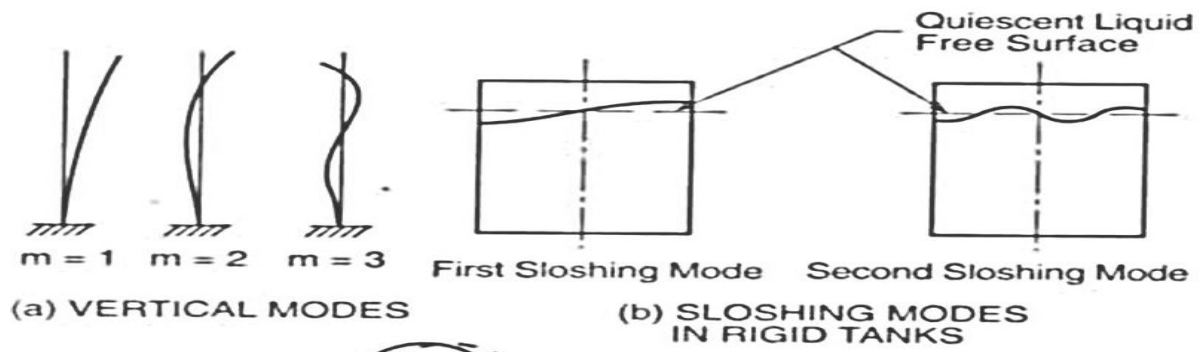
فرضیات مدل هازنر:

در این مدل مایع قابلیت فشرده شدن ندارد (incompressible)

غیر لزج

ویسکوزیته آن در حد آب می باشد.

دیوارهای مخازن نیز انعطاف پذیر نمی باشند.



$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2 + P_{eg}^2}$$

$$M_i' = P_i h_i'$$

$$M_c' = P_c h_c'$$

$$M_o = \sqrt{(M_i' + M_w + M_r)^2 + M_c'^2}$$

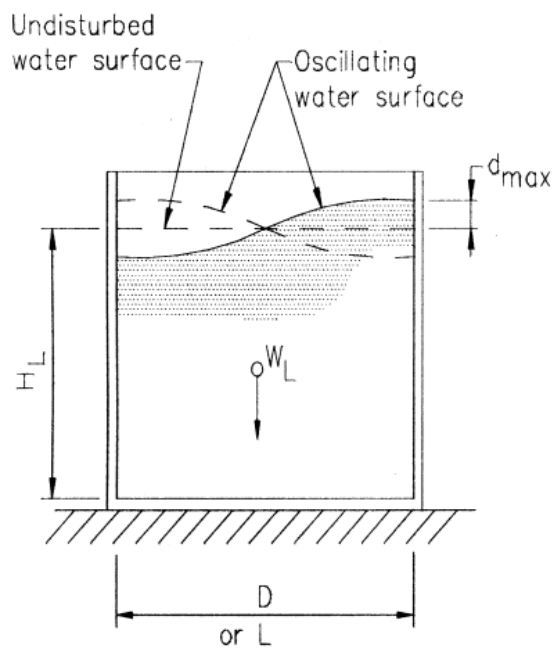
$$M_w = P_w h_w$$

$$M_r = P_r h_r$$

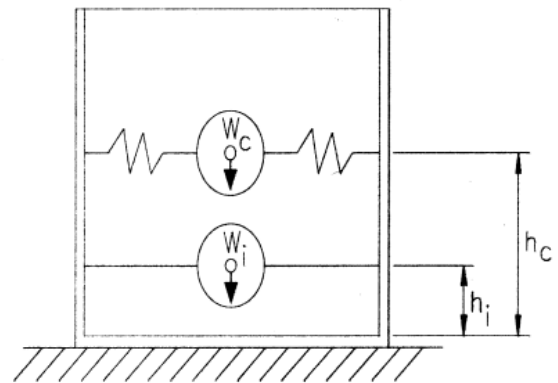
$$M_i = P_i h_i$$

$$M_c = P_c h_c$$

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2}$$



(a) Fluid Motion in Tank



(b) Dynamic Model

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh \left[0.866 \left(\frac{L}{H_L} \right) \right]}{0.866 \left(\frac{L}{H_L} \right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264 \left(\frac{L}{H_L} \right) \tanh \left[3.16 \left(\frac{H_L}{L} \right) \right]$$

IMPULSIVE AND CONVECTIVE MASS FACTORS vs. L/H_L RATIO

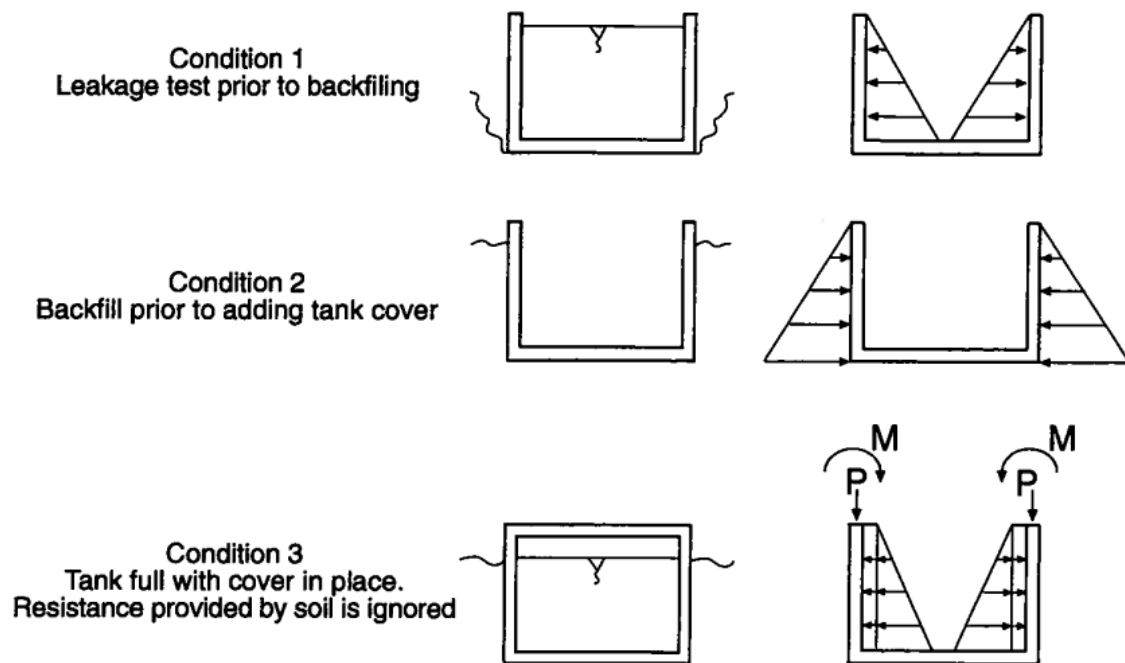
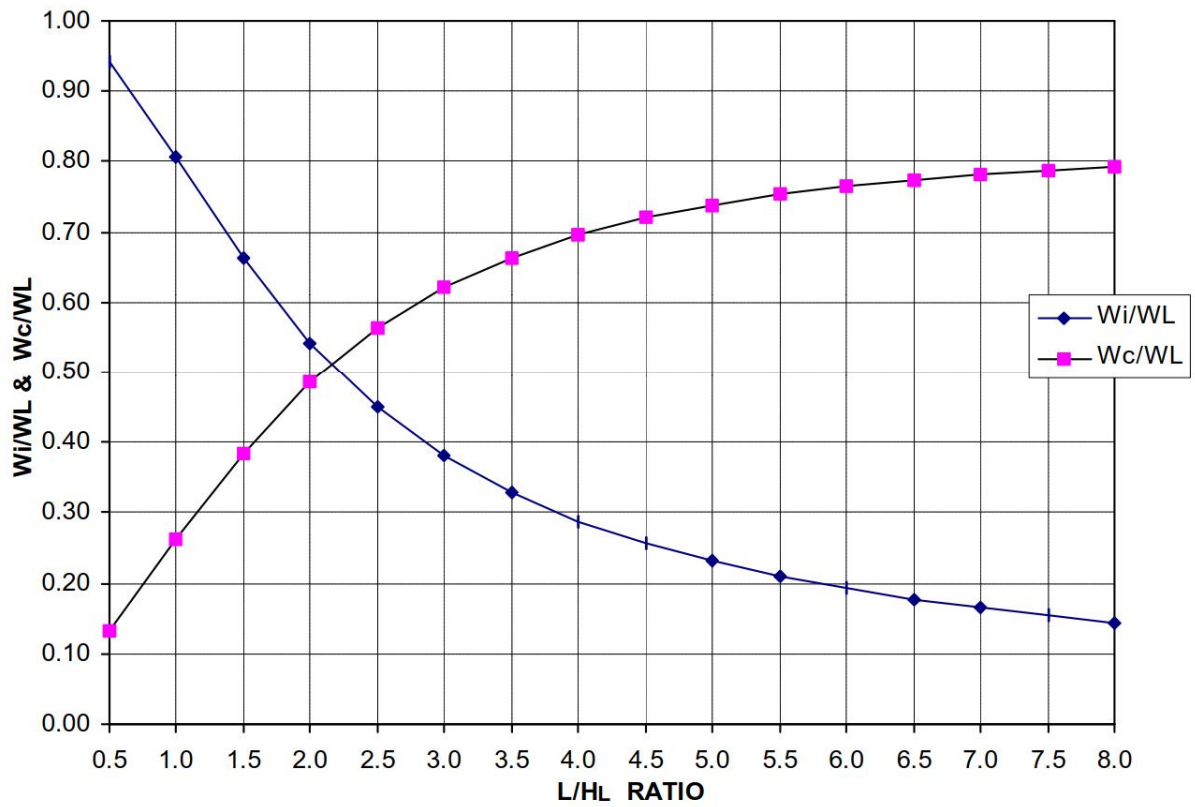


Figure 1-3 Possible Loading Conditions for a Tank

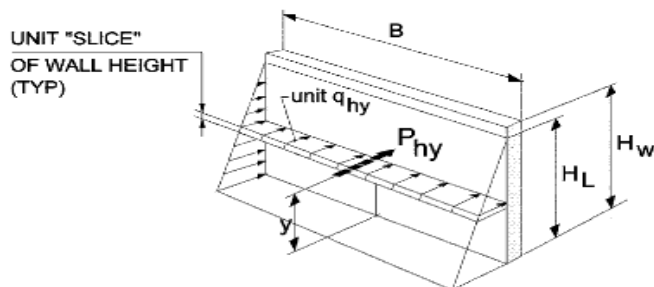
مقاومت strength

Durability دوام

عدم وجود ترک های عریض

عدم وجود تغییر شکل های زیاد

مایع قادر به نشست از سازه یا نفوذ به داخل بتن نباشد.

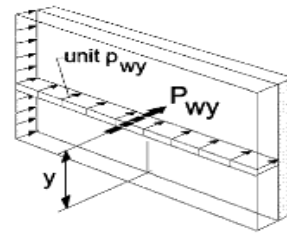


$$\text{UNIT } q_{hy} \text{ AT HEIGHT } y: = \gamma_L(H_L - y) \quad (\text{R5.3.1})$$

$$P_{hy} = \text{RESULTANT FORCE AT HEIGHT } y: = B \cdot q_{hy}$$

$$\text{TOTAL LATERAL FORCE (TLF), } P_h = \frac{1}{2} \gamma_L H_L^2 \cdot B$$

HYDROSTATIC PRESSURES, q_{hy}

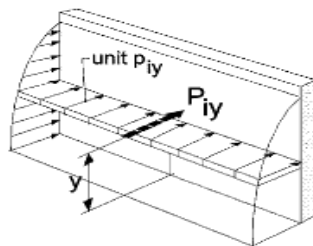


$$P_{wy} = \text{RESULTANT FORCE AT HEIGHT } y$$

$$\text{UNIT } p_{wy} = \frac{P_{wy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

$$\text{TLF } P_w \text{ FROM Eq. (4-1a)}$$

WALL INERTIA UNIT FORCE, p_w

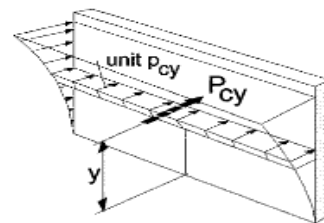


$$P_{iy} = \text{RESULTANT FORCE AT HEIGHT } y \quad (\text{R5.3.1})$$

$$\text{UNIT } p_{iy} = \frac{P_{iy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

$$\text{TLF } P_i \text{ FROM Eq. (4-3)}$$

IMPULSIVE PRESSURES, p_{iy}

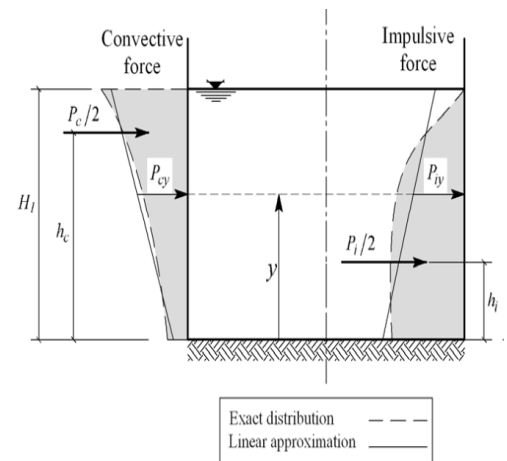
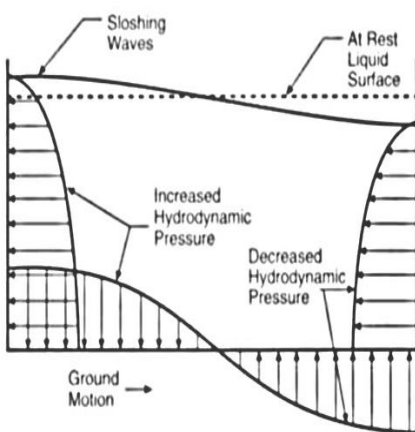


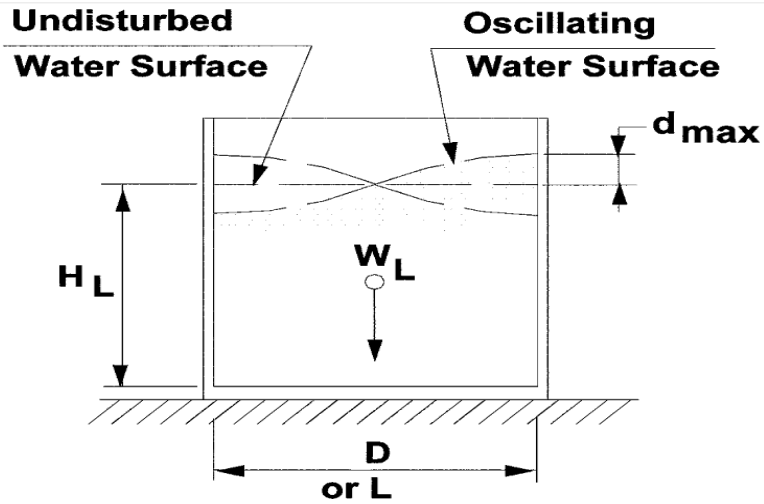
$$P_{cy} = \text{RESULTANT FORCE AT HEIGHT } y$$

$$\text{UNIT } p_{cy} = \frac{P_{cy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

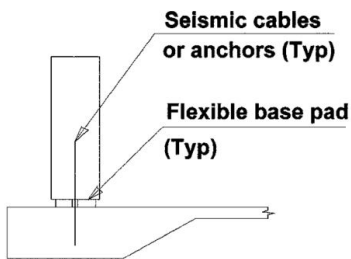
$$\text{TLF } P_c \text{ FROM Eq. (4-4)}$$

CONVECTIVE PRESSURES, p_{cy}

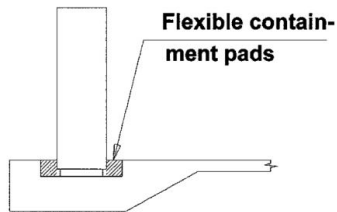




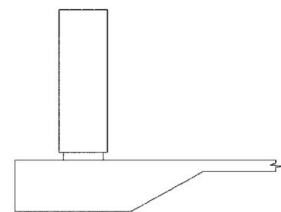
(a) Fluid Motion in Tank



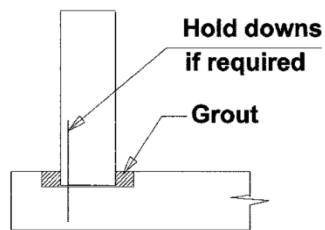
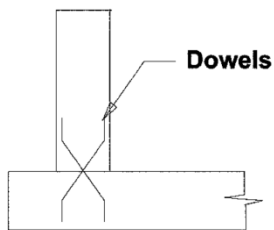
ANCHORED FLEXIBLE BASE



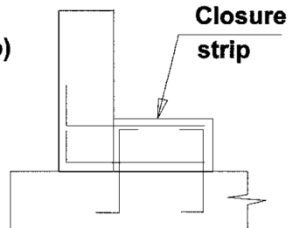
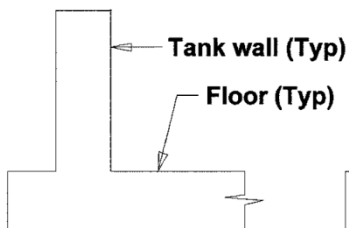
UNANCHORED FLEXIBLE BASE



FLEXIBLE BASE

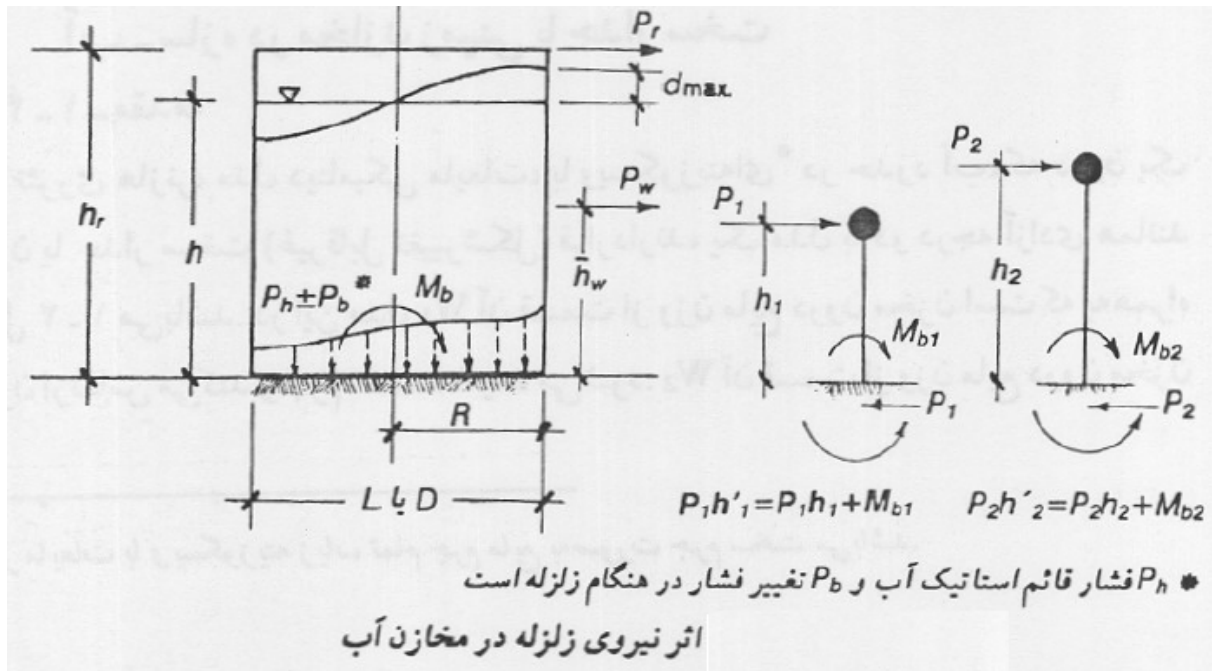
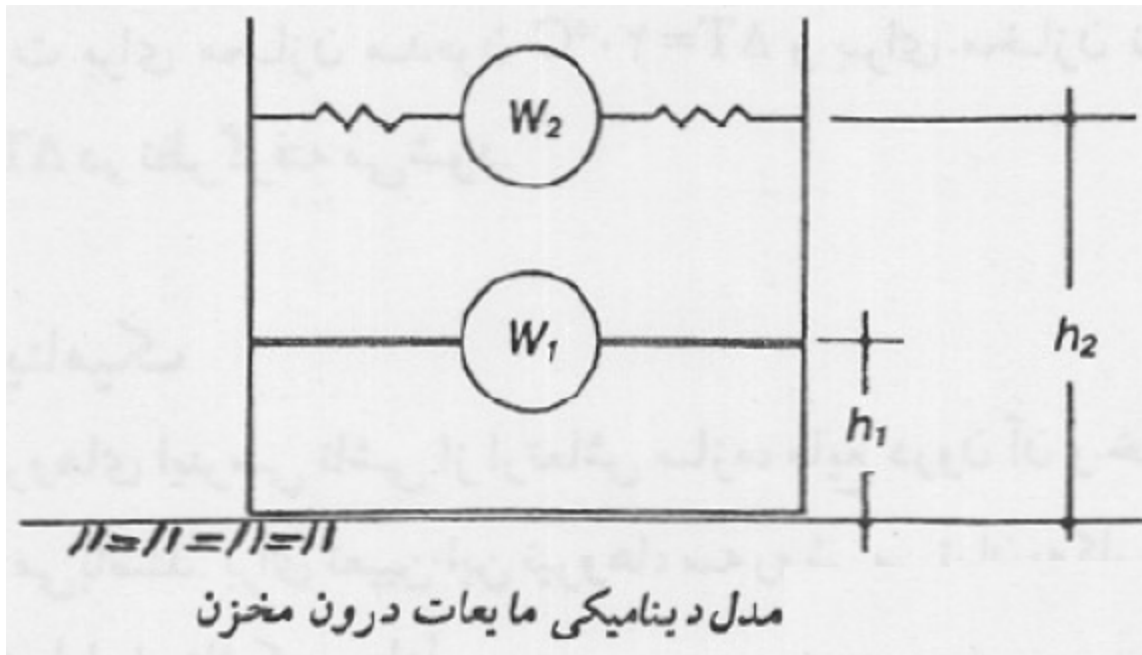


HINGED or PINNED

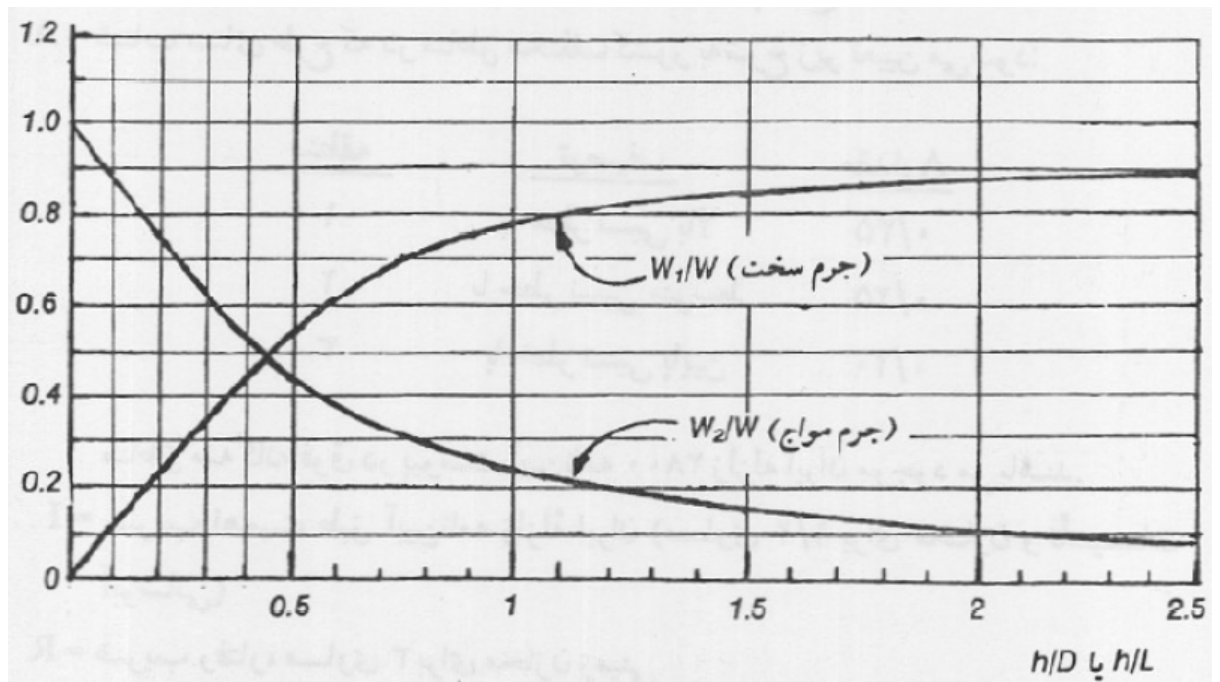
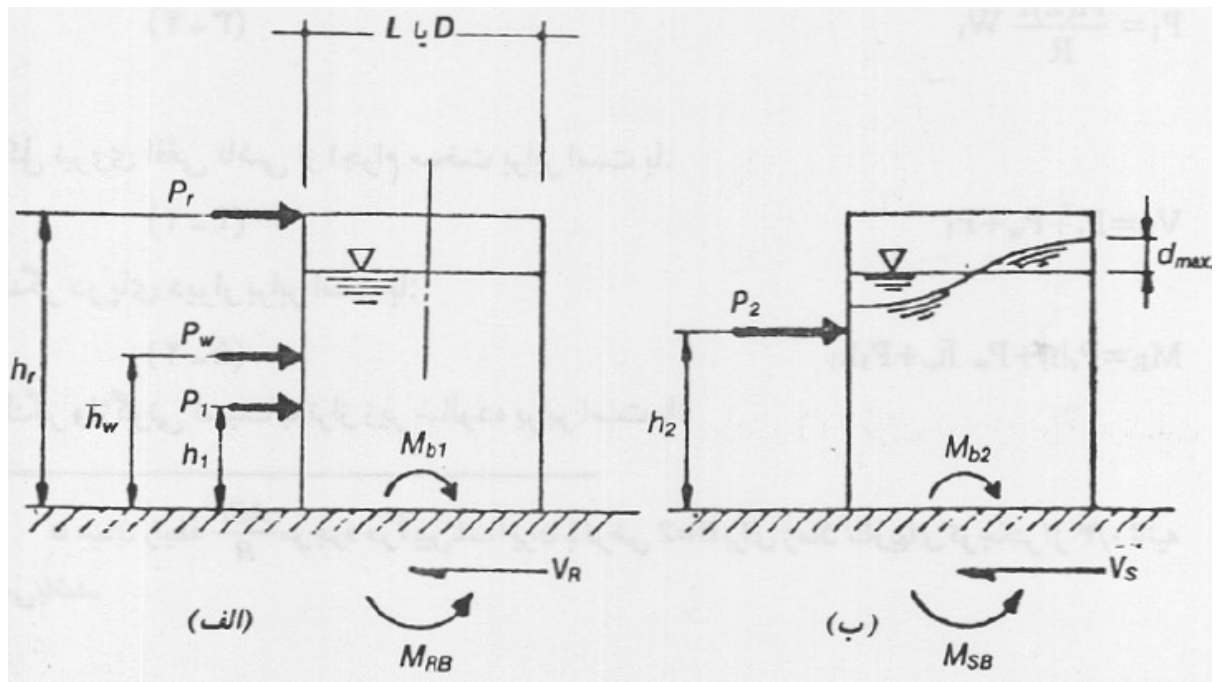


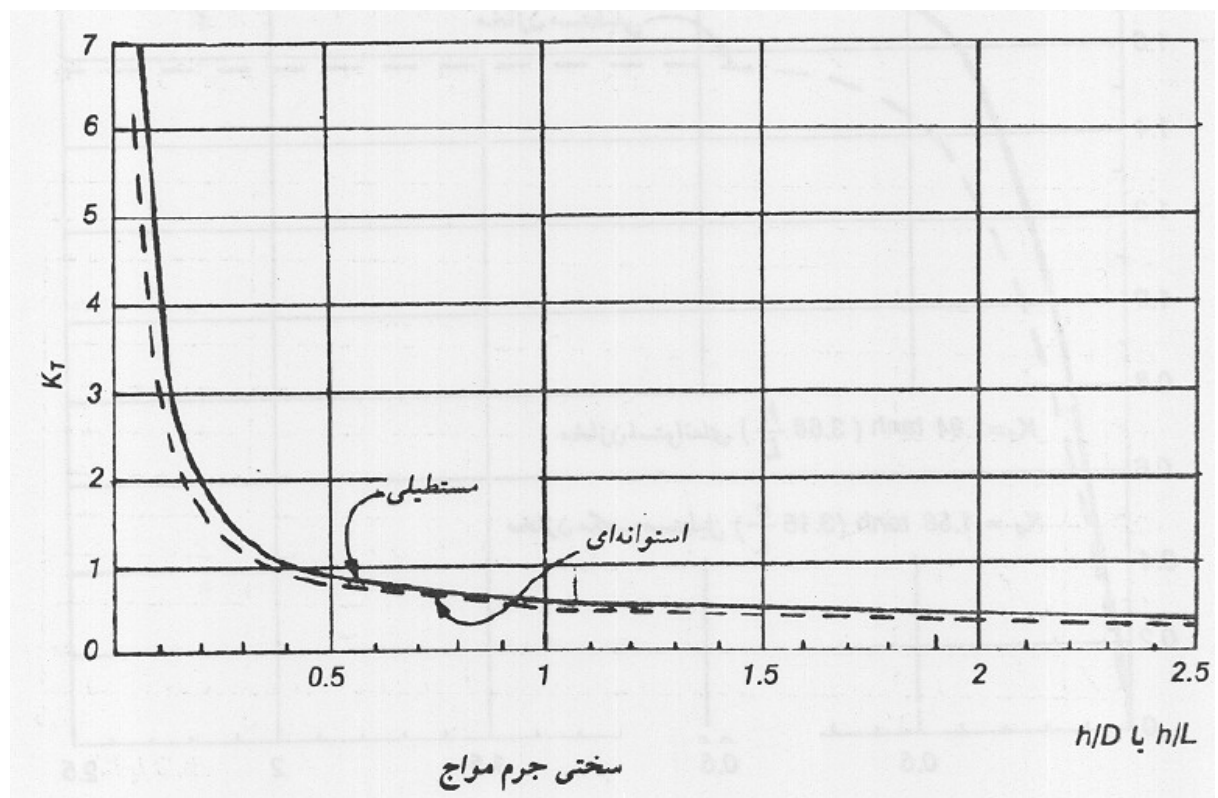
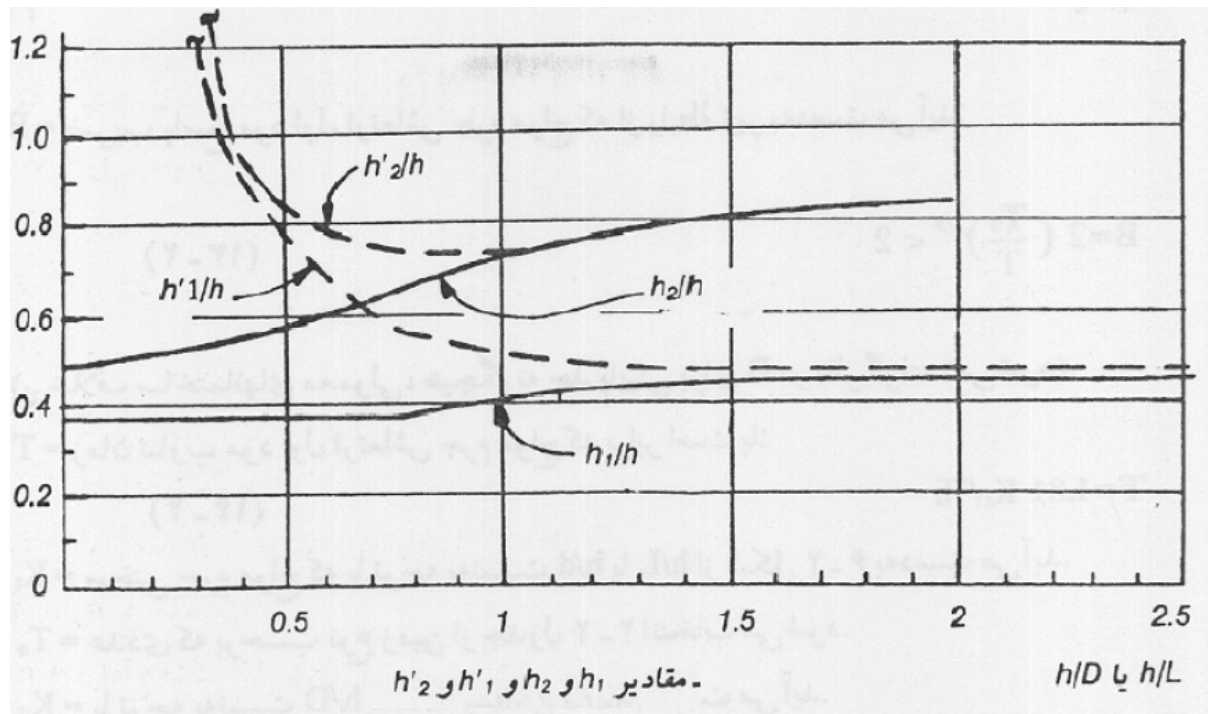
FIXED

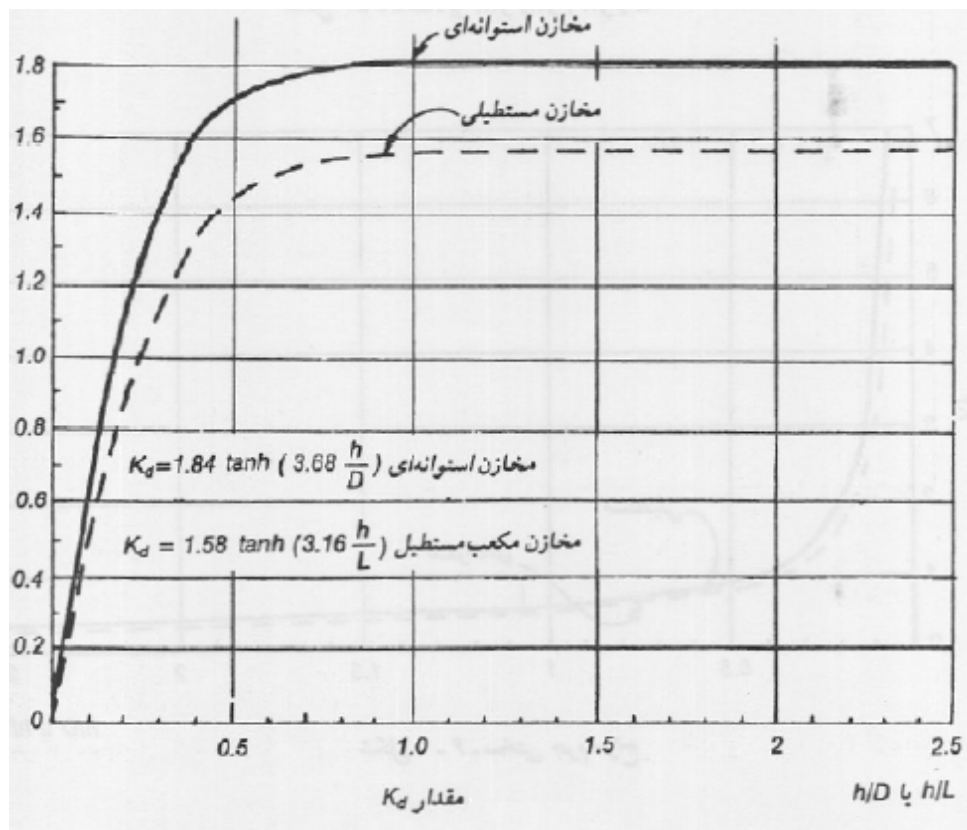
عرض پی		B (cm)	1200	1300	1400	1500	1600
ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی		$q_{(1)} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	8.10	8.24	8.37	8.49	8.61
نشست متناظر با ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی		Si (cm)	8.17	9.06	9.97	10.89	11.84
FS=3	ظرفیت باربری مجاز پیشنهادی (۱ اینچ نشست)	$Q \text{ (purpose) (Kg/cm}^2\text{)}$	2.74	2.51	2.32	2.15	2.01
	ظرفیت باربری مجاز پیشنهادی (۲ اینچ نشست)	$Q \text{ (purpose) (Kg/cm}^2\text{)}$	5.27	4.83	4.45	4.13	3.85

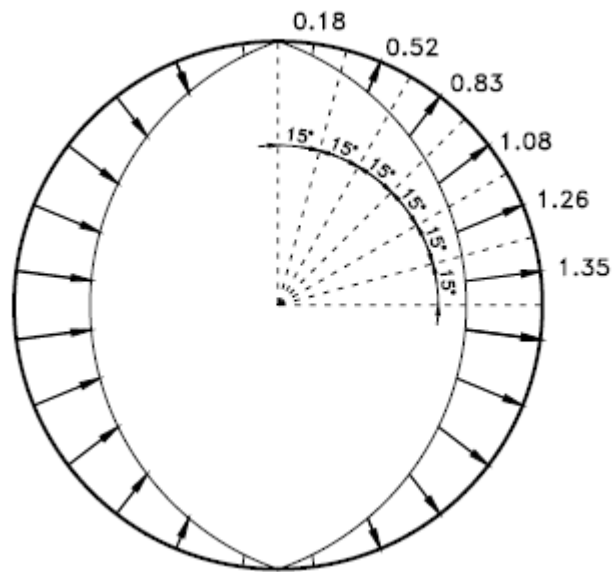
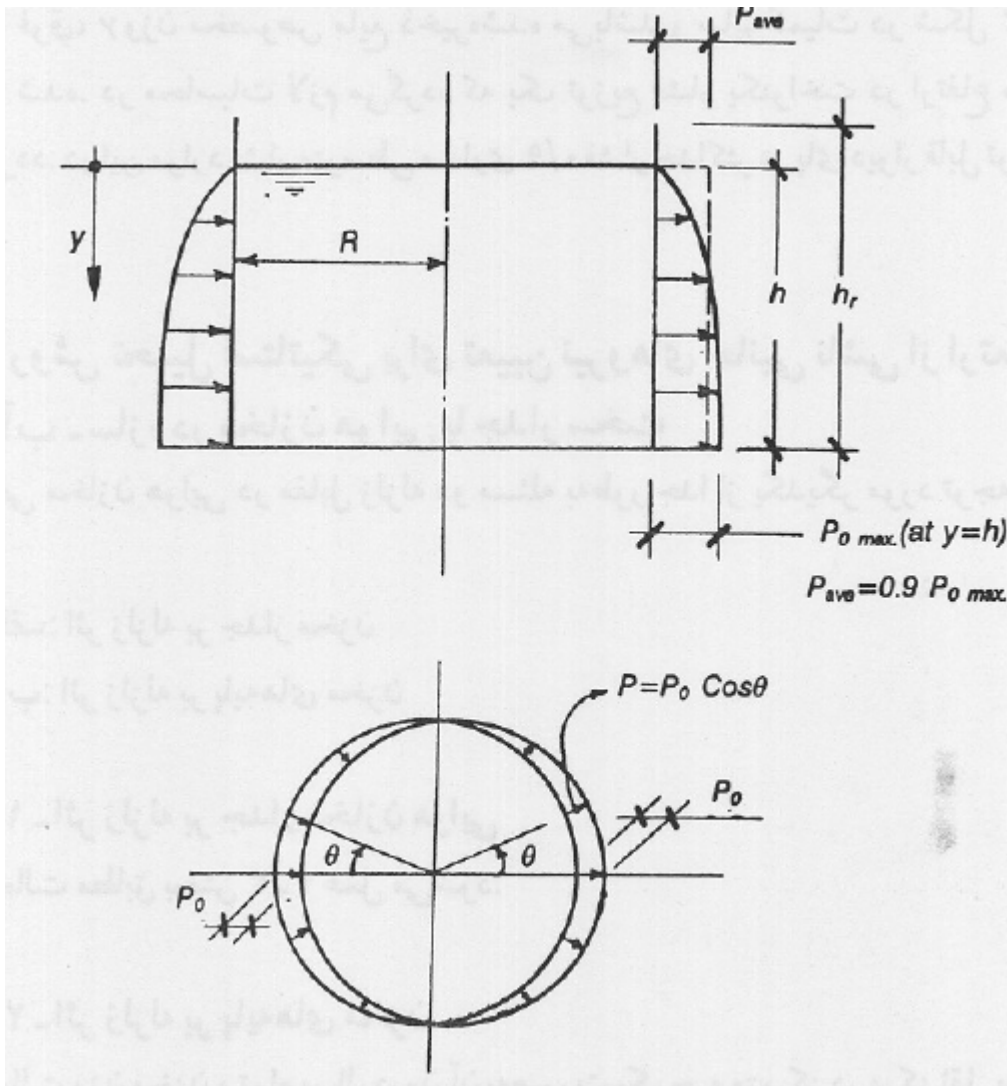


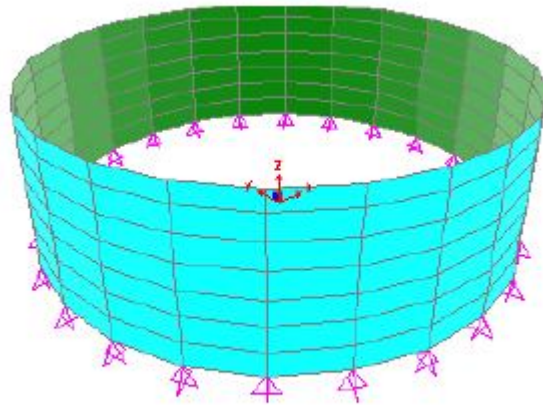
* فشار قائم استاتیک آب و P_b تغییر فشار در هنگام زلزله است



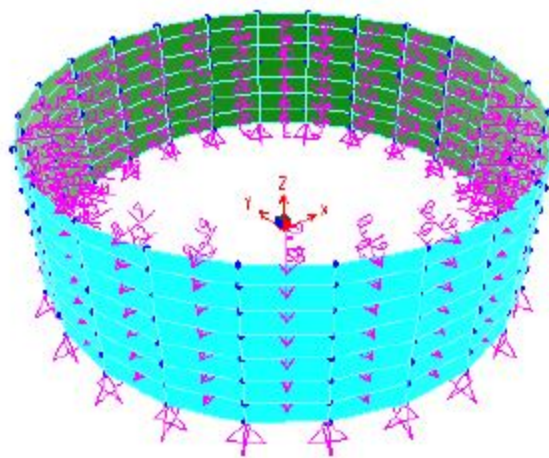




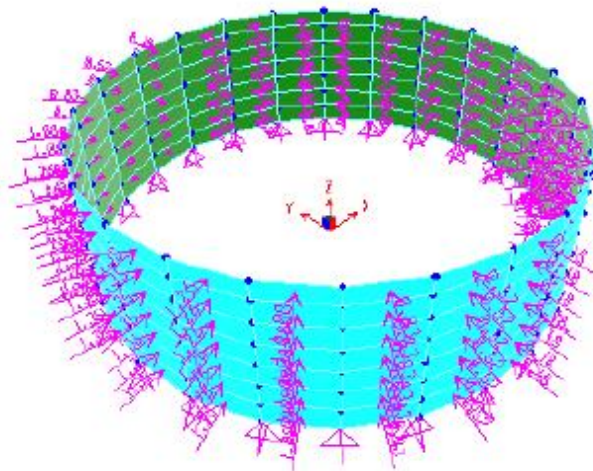




مدل سه بعدی مخزن



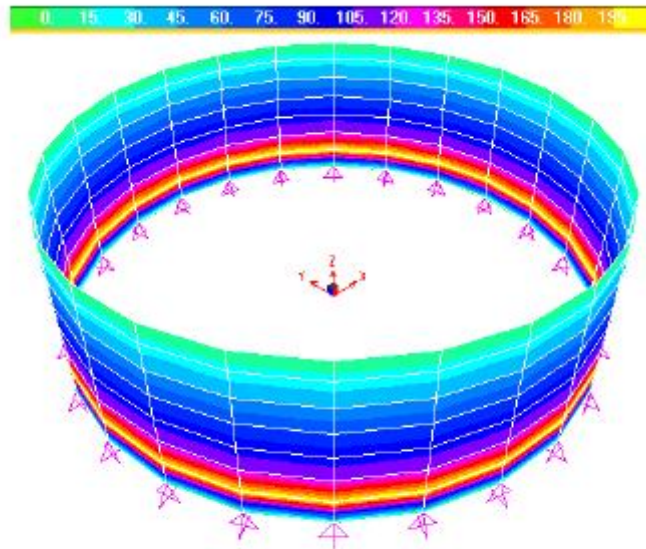
بارگذاری فشار هیدرواستاتیک آب



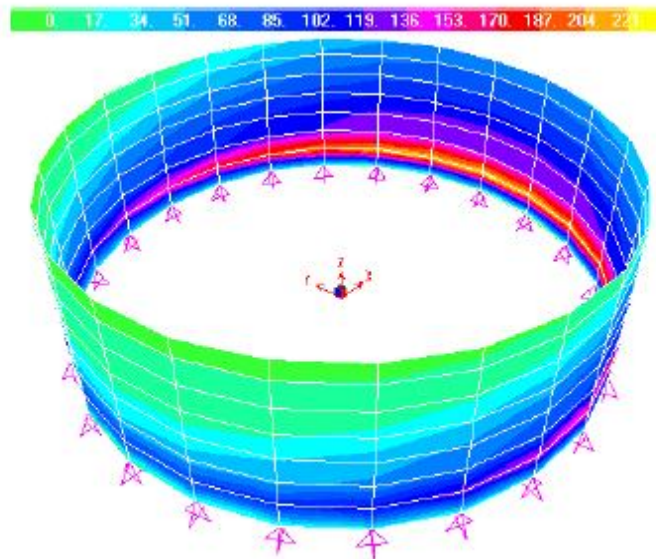
بارگذاری فشار هیدرودینامیک آب

مرده + زنده + فشار هیدرواستاتیک آب : ترکیب بار شماره (۱)

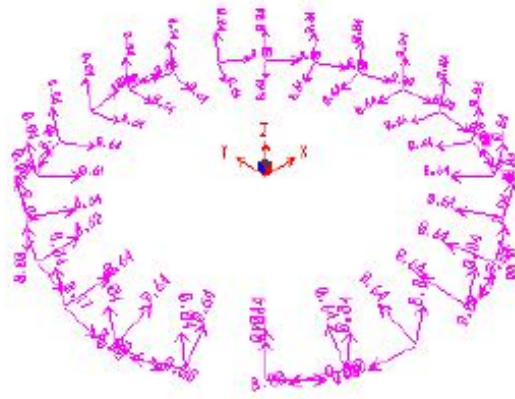
(مرده + زنده + فشار هیدرواستاتیک آب + اضافه فشار هیدرودینامیک آب) ۰/۷۵ : ترکیب بار شماره (۲)



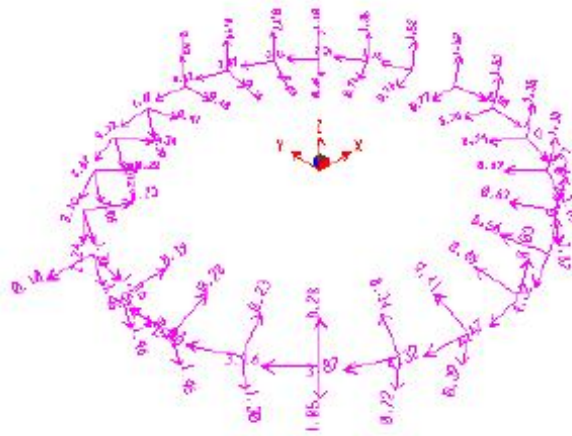
نیروی محوری در ترکیب بار (۱)



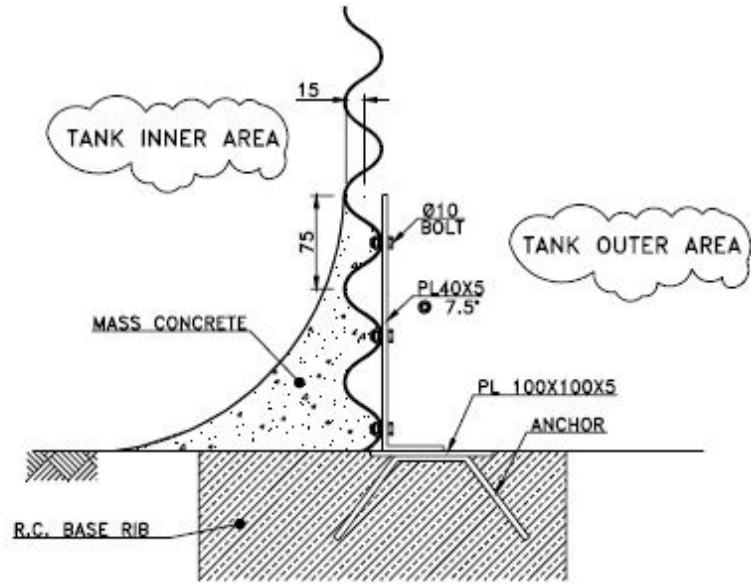
نیروی محوری در ترکیب بار (۲)



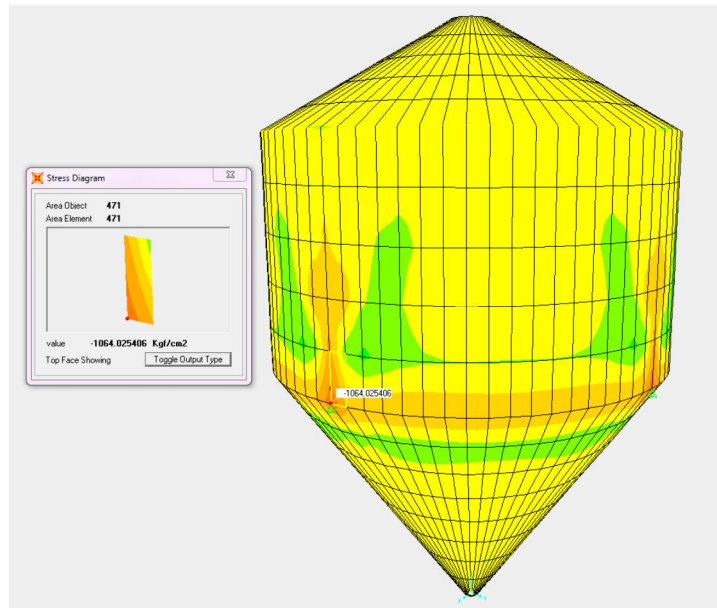
عکس عملهای تکیه گاهی در ترکیب بار (۱)



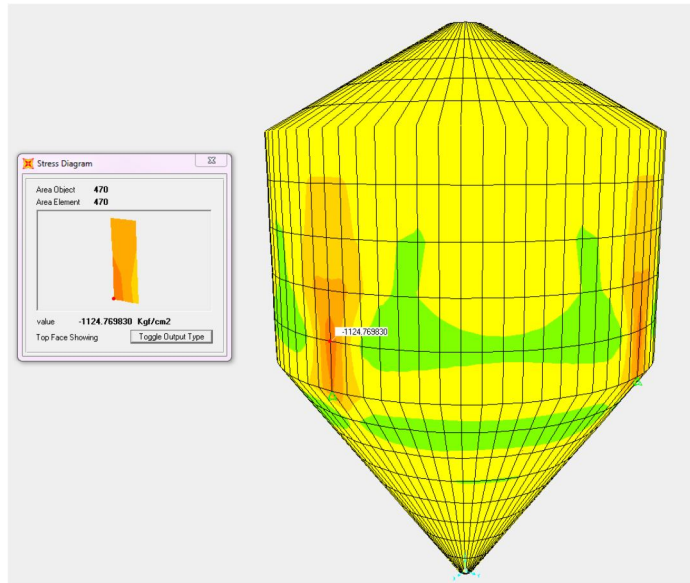
عکس عملهای تکیه گاهی در ترکیب بار (۲)



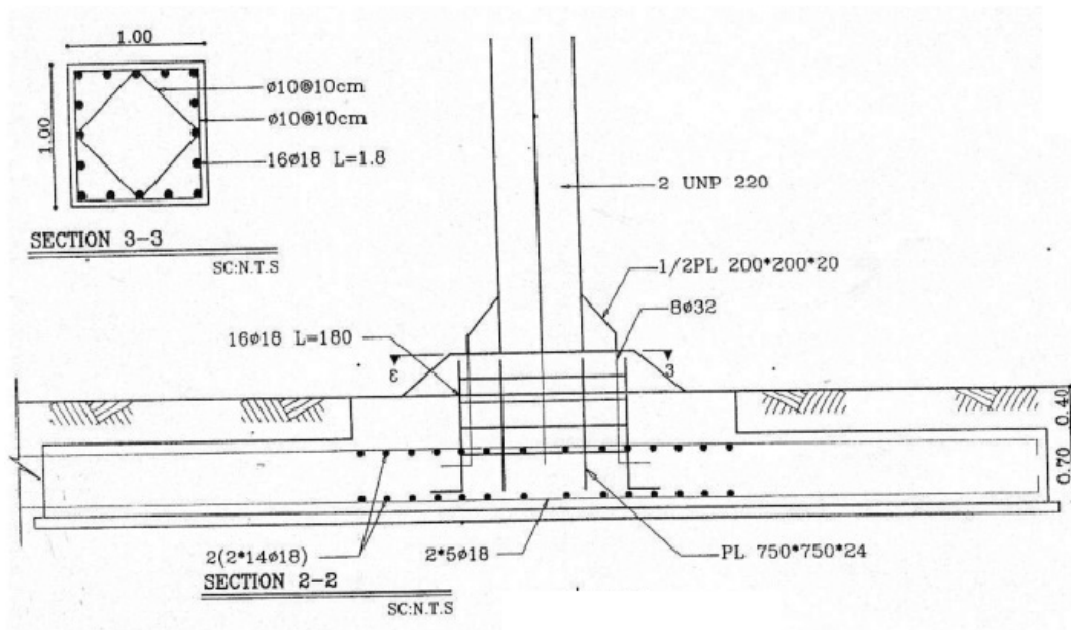
کروکی اتصال دیواره به کف

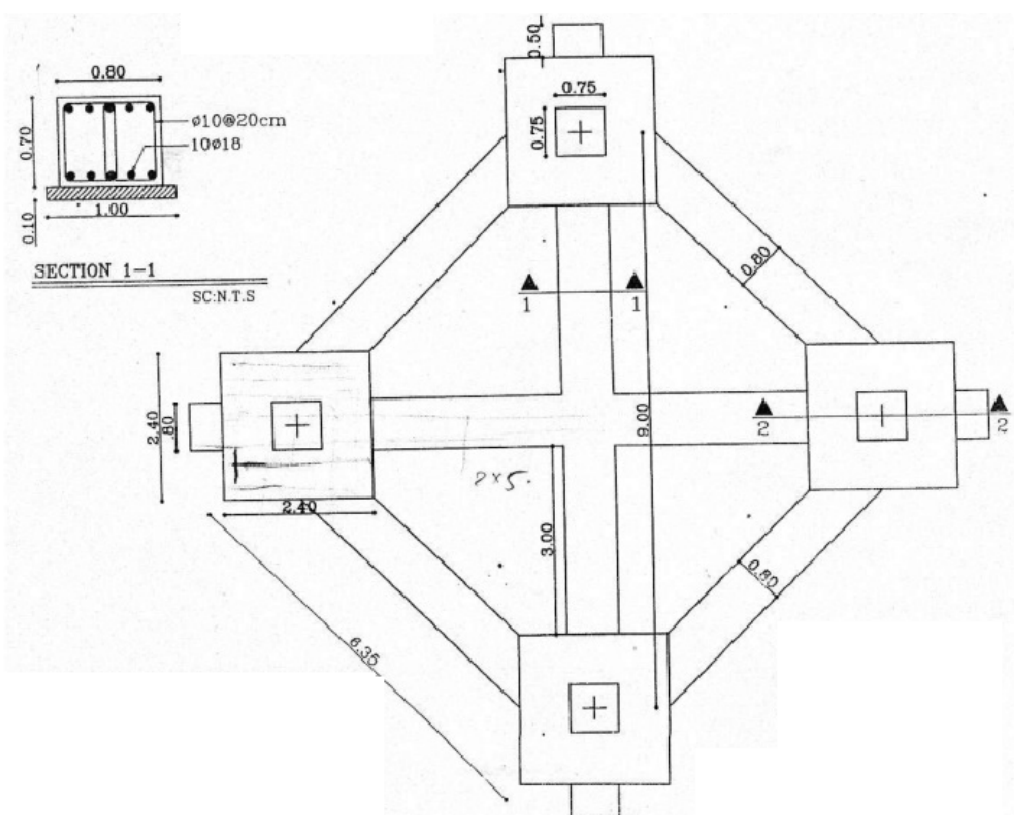


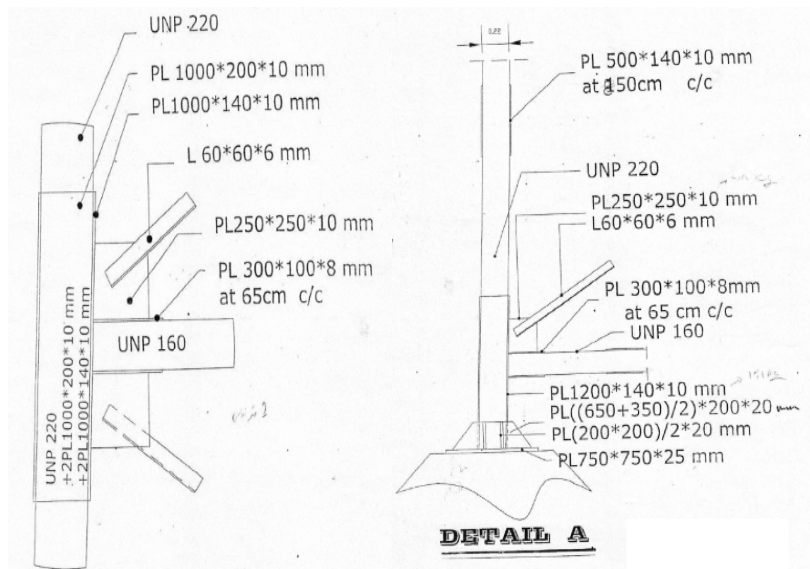
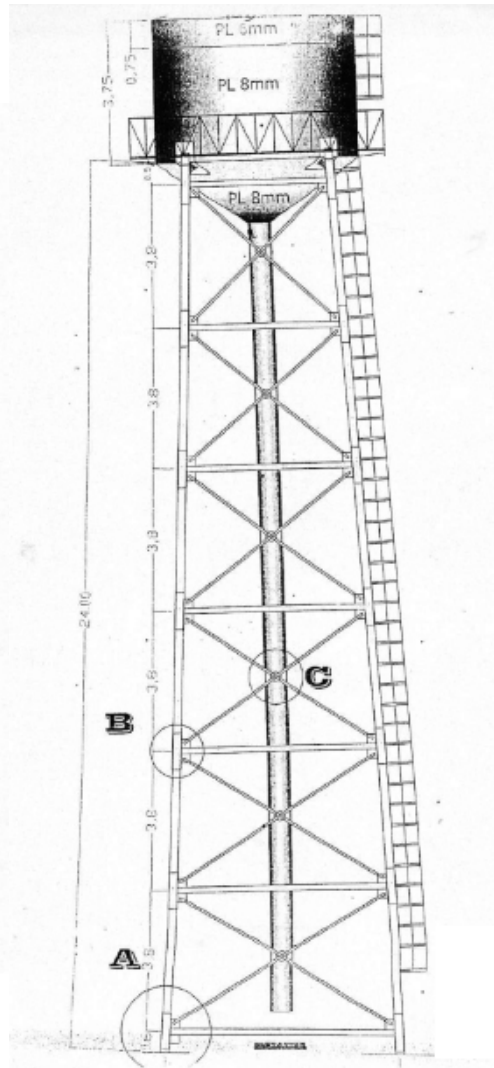
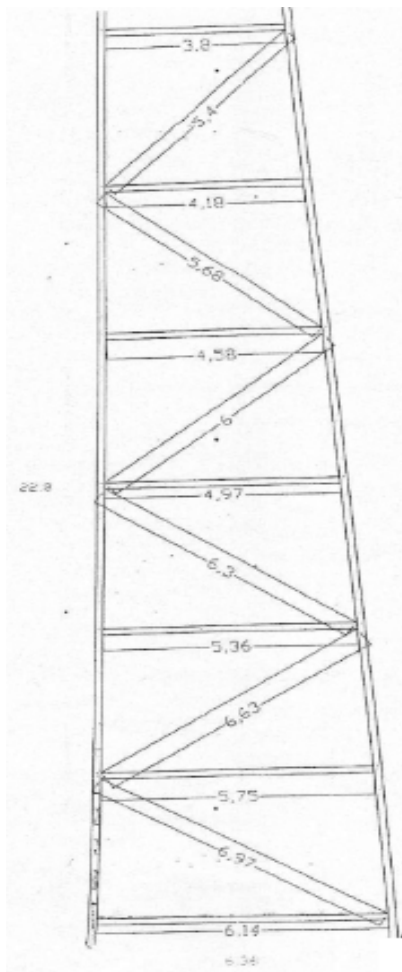
تنش در راستای ورق مخزن

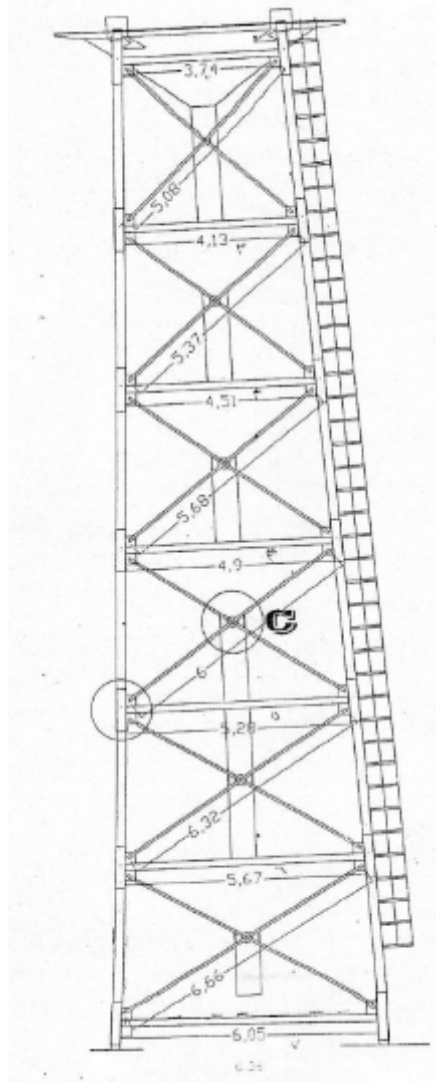


تنش در راستای عمود بر ورق مخزن









مراجع

- ۱- کریشنا راجو، "طراحی سازه های بتن آرمه پیشرفته" ترجمه حمید رضا اسرفی، مهدی قالیبافیان، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه، ۱۳۷۴
- ۲- سعید صادقی نیا، حسین میسمی، "بررسی تأثیر سیستم پایه بر رفتار لرزه ای مخازن هوایی آب و پدافند غیر عامل" انجمن ملی مقلوم سازی ایران، انتشارات سازمان عمران ۱۳۸۸
- ۳- حسین کربلایی فرجی، محمدهادی ورزندیان "طرح مخازن آب زمینی و هوایی و بررسی جزئیات آنها" پروژه سازه های بتن آرمه پیشرفته به راهنمایی دکتر حسن افشین، دانشگاه صنعتی سهند تبریز ۱۳۸۲
- ۴- نشریه ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی ۱۳۷۴، ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مهازن آب زیر زمینی
- ۵- شهیار طاووسی تفرشی "روشهای مختلف تحلیل دودکشهای بتنی در مقابل زلزله و مقایسه آیین نام ههای آمریکا و ایران سایت مرکز عمران ایران"
- ۶- ایمان الیاسیان، "کاربرد ترکیب ژئوممبران و ژئو تکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی"، سایت همکلاسی
- ۷- سعید صادقی نیا، سید مهدی زهرایی "روشهای ساده تحلیل لرزه ای مخازه هوایی با لحاظ اندرکنش سیال- سازه- خاک" همایش پدافند غیرعامل دانشگاه اسفهان، یادواره آزادسازی خرمشهر، خرداد ۸۸

کاربردهای ژئوسنتیتکها

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه I.elyasian@gmail.com

چکیده

یکی از روشهای آبنده نمودن مخازن، کانالها و لاگونهای تصفیه فاضلاب، تونلها و استخرهای کشاورزی (بدون لاینینگ بتنی) و... استفاده از ورقهای پلیمری ژئوممبران می باشد



ژئوممبران: غشا عایق پلیمری با نفوذپذیری ناچیز به منظور جلوگیری از هرز روی و یا آلوده سازی انواع

سیالات - انواع آن

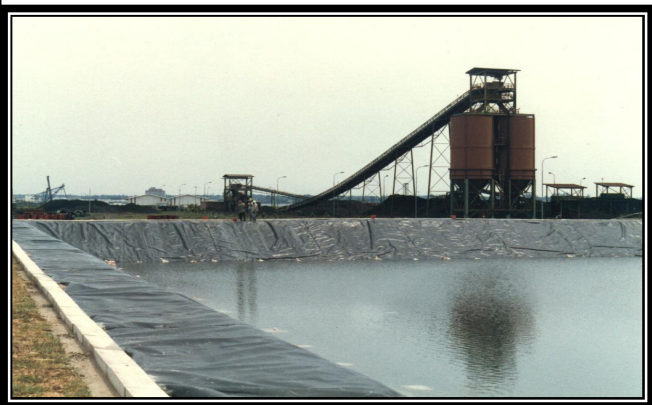
PVC – BUTYL-HDPE – VFPE – PP

مزایای ژئوممبران

- صدها سال دوام در مقابل نور خورشید
- مقاوم در برابر عوامل بیولوژیک (رویش نی و دیگر گیاهان - حمله جونندگان - اثرات جلبک و قارچ و ...)
- مقاوم در برابر عوامل جوی و محیطی (سرما و گرمای سیال و محیط - سیکل های ذوب و یخ - باد و امواج)

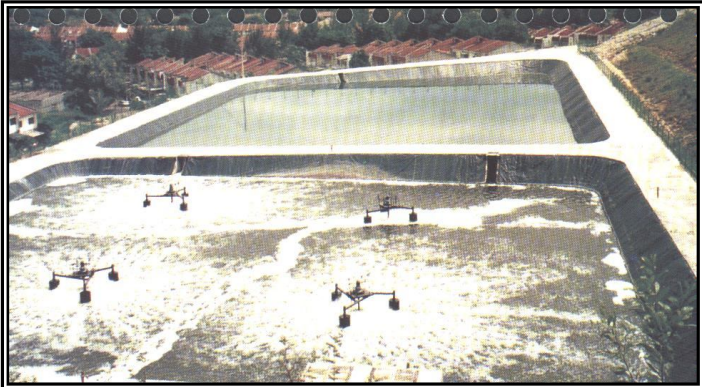
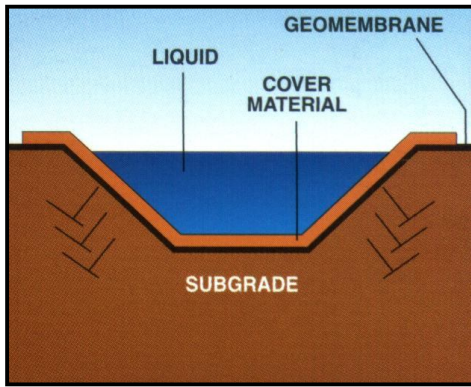


استخرهای پرورش آبزیان **Aquaculture**

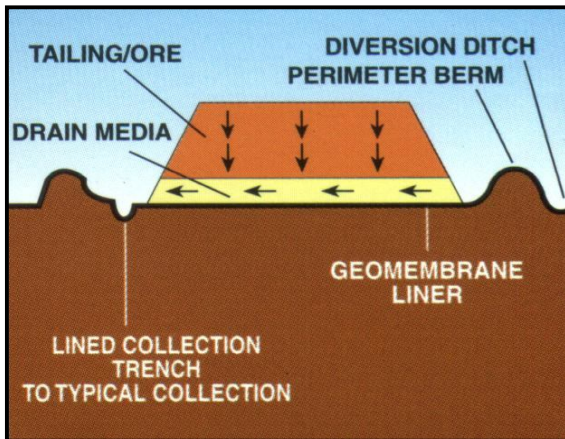


مخازن آب شرب - آب صنعتی - آب کشاورزی

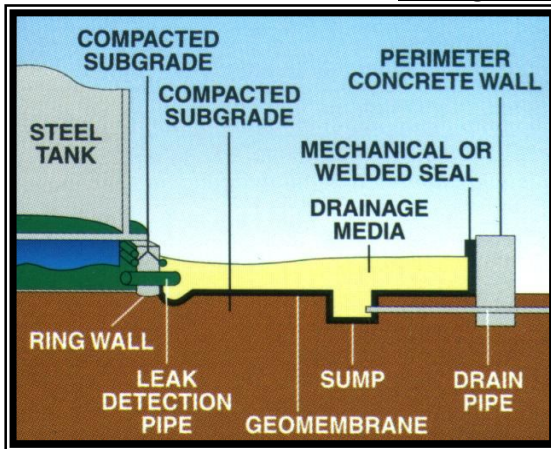
Portable Water Storage



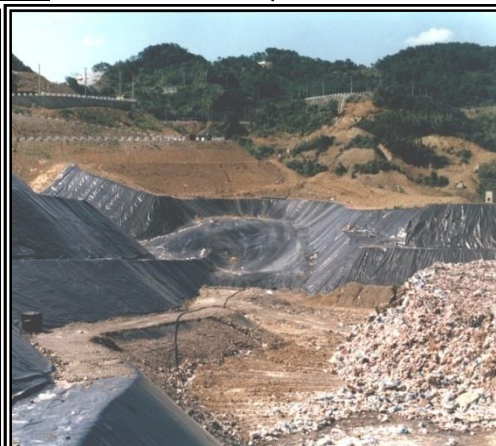
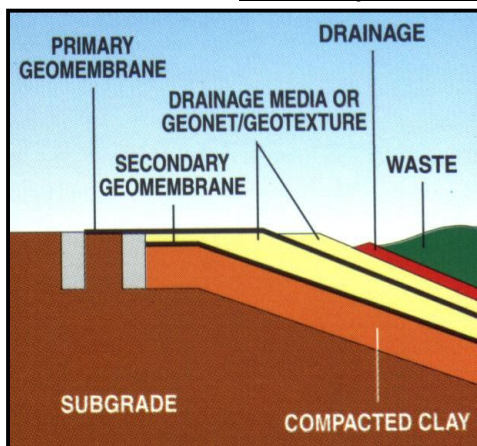
Waste Water Pond احداث لاگونهای فاضلاب



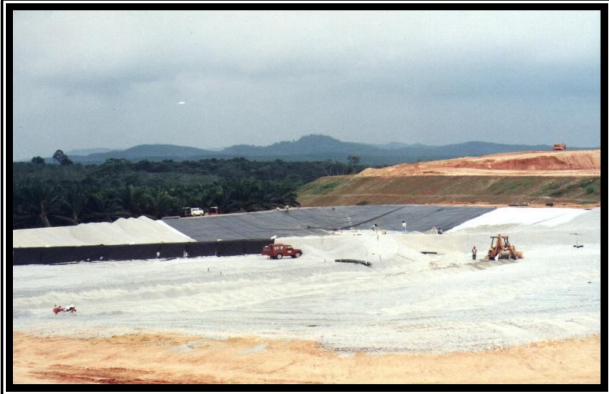
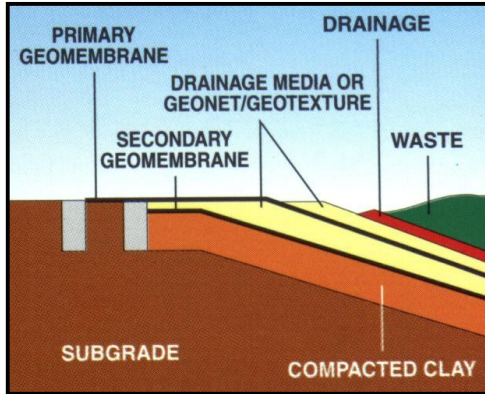
Mining Leach Pad کاربرد در معادن



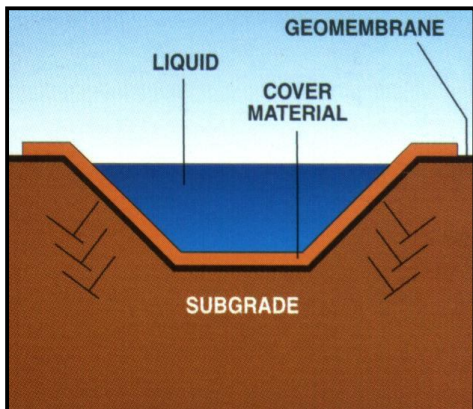
Secondary Containment پوشش ثانویه مخازن



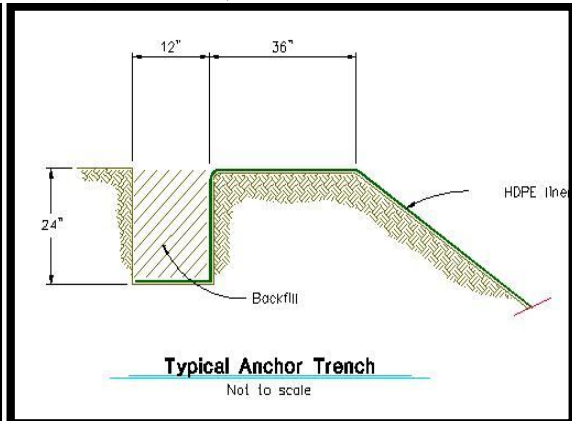
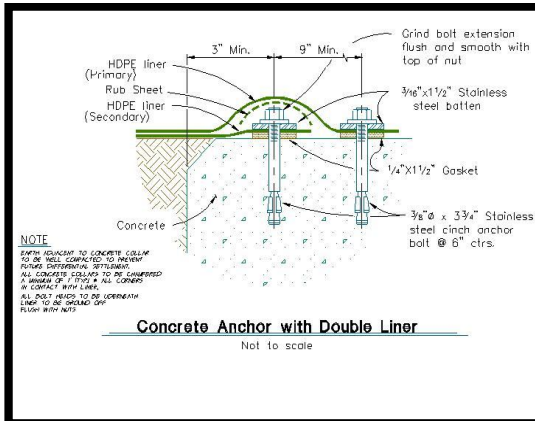
دفن بهداشتی زباله های شهری Sanitary Landfill

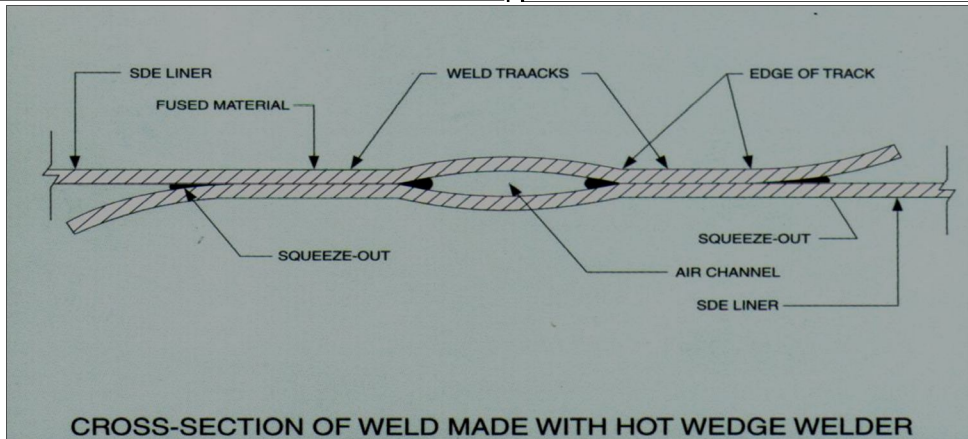
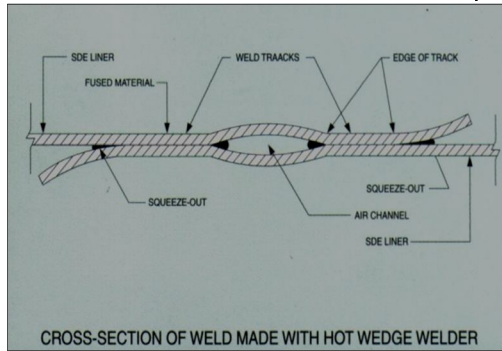
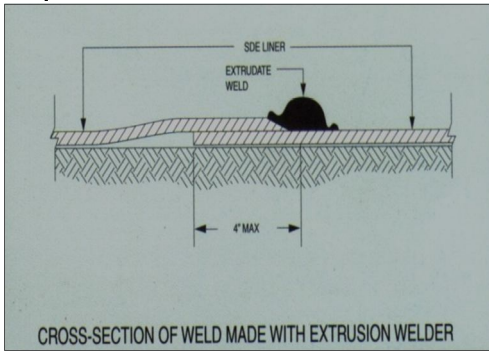
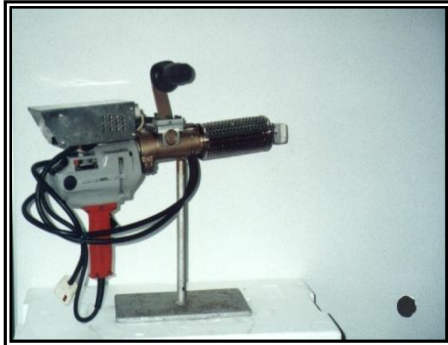


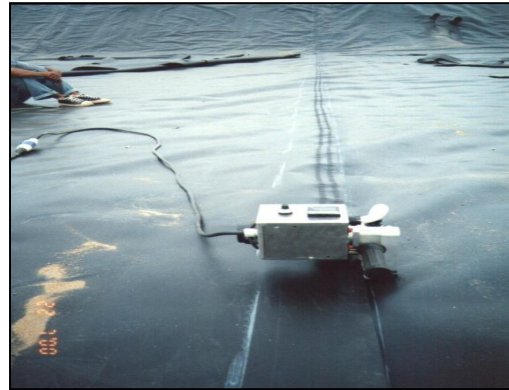
دفن زباله های خاص Hazardous Waste Landfill



دریاچه های تزئینی و تفریحی Decorative Ponds

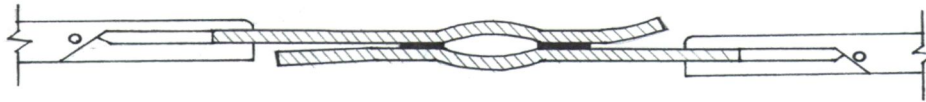




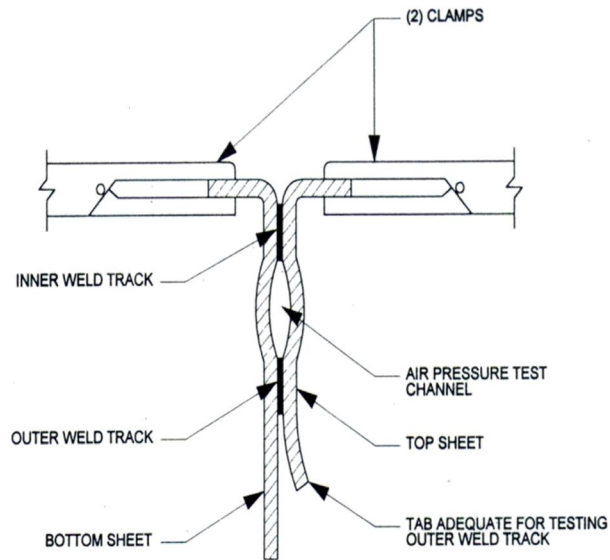


VACUUM BOX TEST

AIR PRESSURE TEST



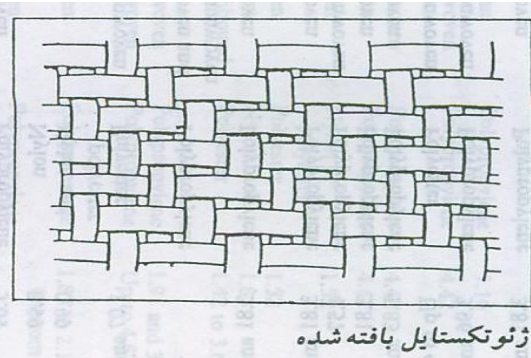
SHEAR TEST



PEEL TEST



ژئوتکستایل بافته نشده



ژئوتکستایل بافته شده

استفاده های مهم ژئوتکستایل ها :

۱. زهکشی ۲. فیلتر ۳. جداسازی ۴. تسلیح

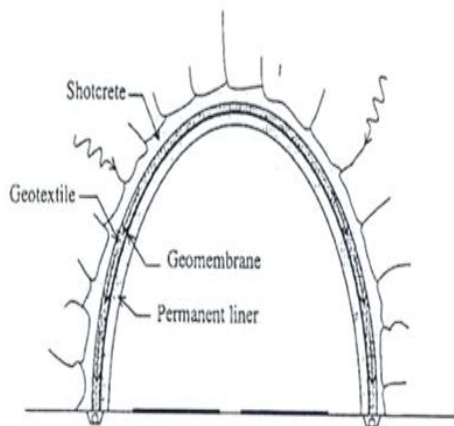
کاربردهای ژئوتکستایل

- کاربردهای ژئوتکنیکی

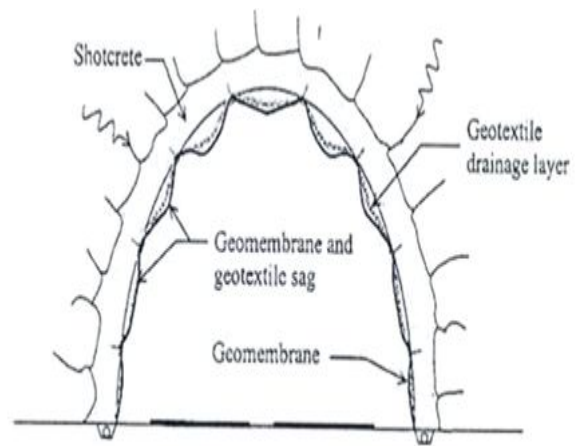
استفاده در شیب ها و پوشش ها

تسلیح دیوارهای حائل

آب بندی تونل ها



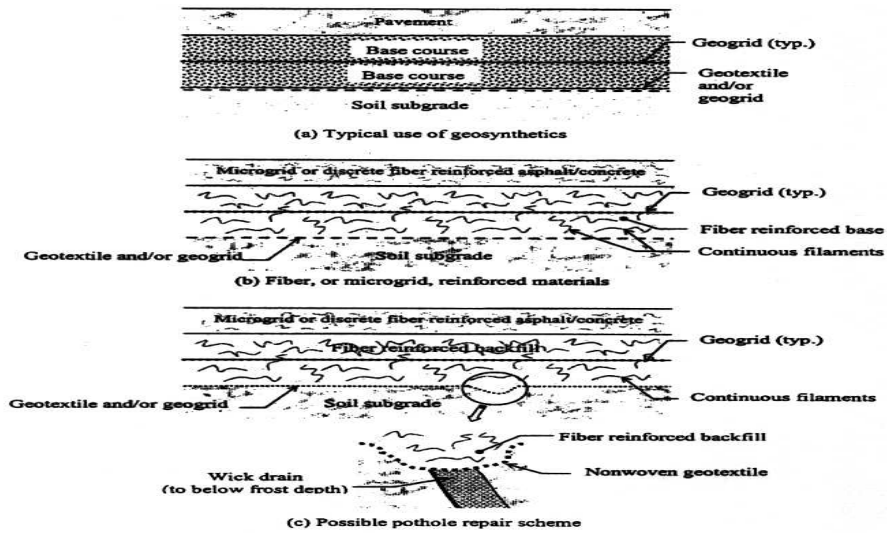
(b) Emerging extension of technique with deployment simultaneous with liner system



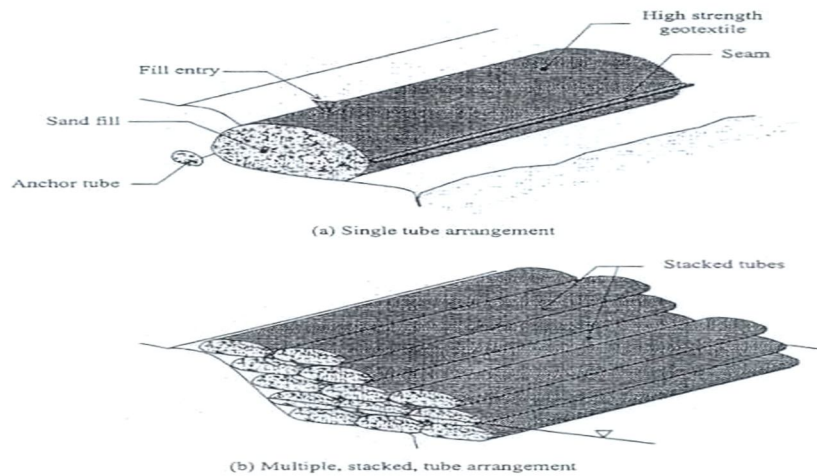
(a) Current deployment which must accommodate sagging geosynthetics

- کاربرد در راه و ترابری

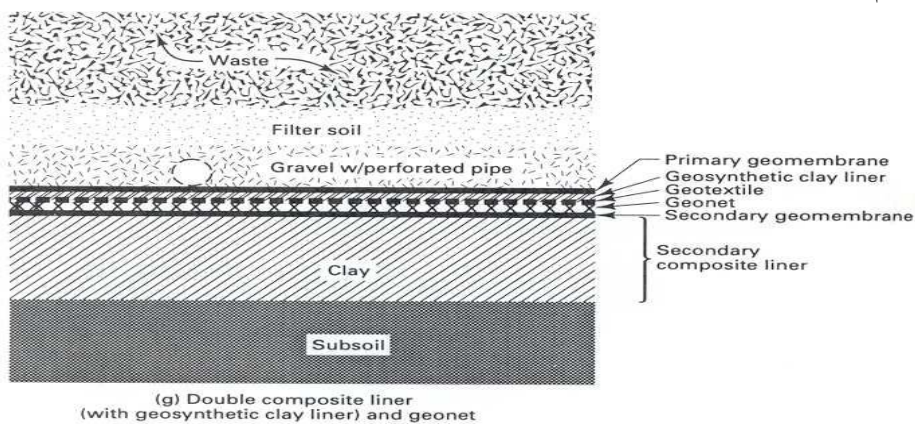
اصلاح جاده



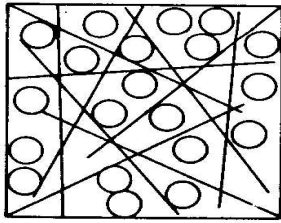
- کاربرد های هیدرولیکی
- لوله های ساخته شده از ژئو تکستایل



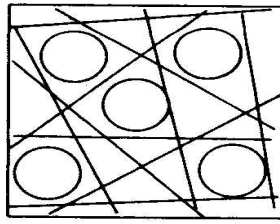
- کاربردهای محیط زیستی
- استفاده در سیستم های دفن زباله



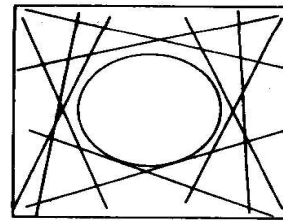
- کاربرد در بتن مسلح
- افزایش کارایی



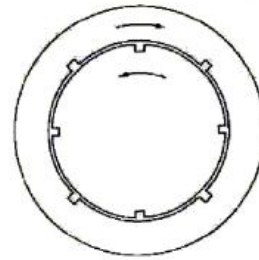
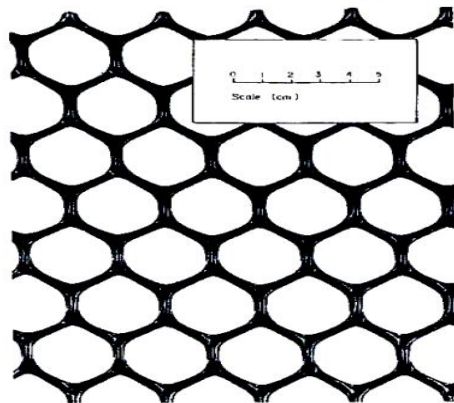
5 mm
Aggregate



10 mm
Aggregate



20 mm
Aggregate



روزنه های چرخشی جهت تولید مشها
و نحوه چرخش آن

قطعه ای از یک ژئومش که توسط روزنه های چرخشی تولید شده است



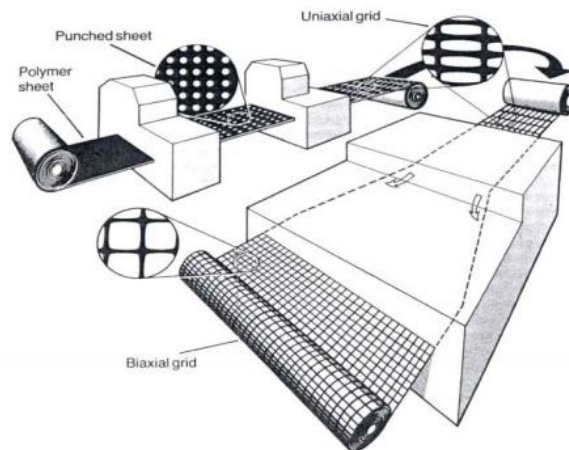
کاربرد ژئومش به منظور تثبیت خاکهای سطحی و جلوگیری از فرسایش
خاکهای نرم در مناطقی در معرض فرسایشهای آبی یا بادی قرار دارند.



استفاده از ژئوسلها در تثبیت خاک شیبها

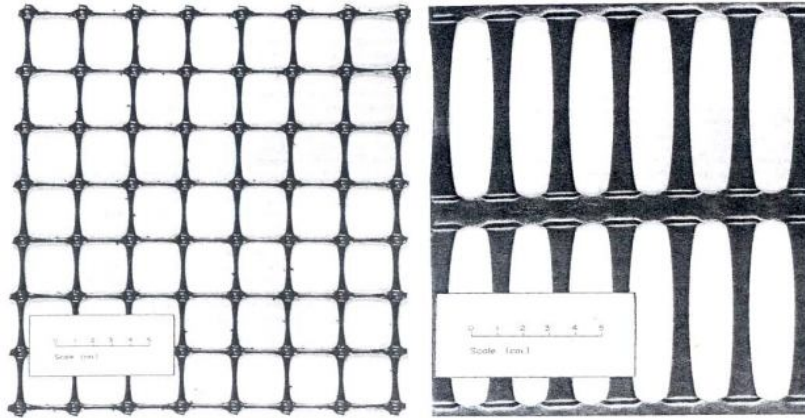


استفاده از ژئوسلها در ساخت دیواره ها و شیبها



تهیه ژئوگریدهای ورقه ای

(با کشش صفحه پلیمری که بطور منظم سوراخکاری شده، ابتدا ژئوگرید یک جهته **Uniaxial Geogrid** و سپس با کشش مجدد آن در جهت عرضی ژئوگرید دو جهته **Biaxial Geogrid** تولید میشود.)

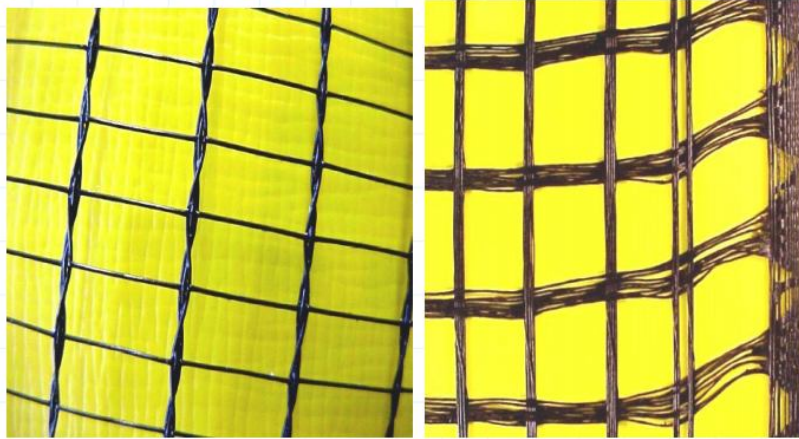


ب

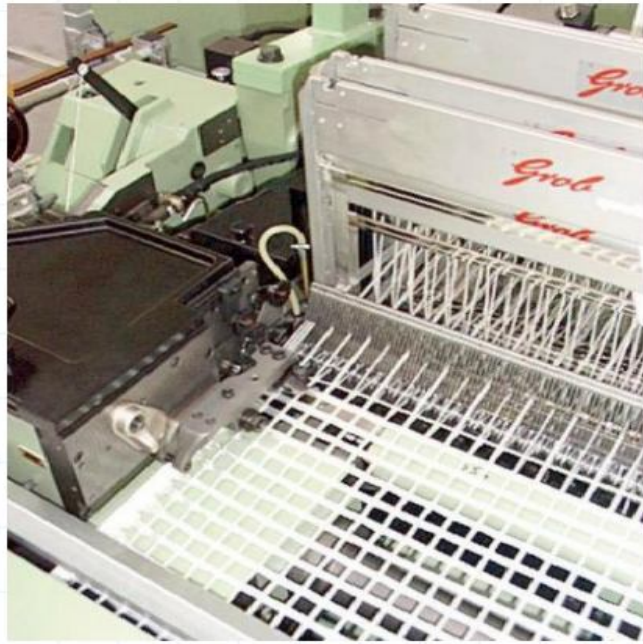
الف

الف- یک قطعه ژئوگرید یک جهته Uniaxial Geogrid

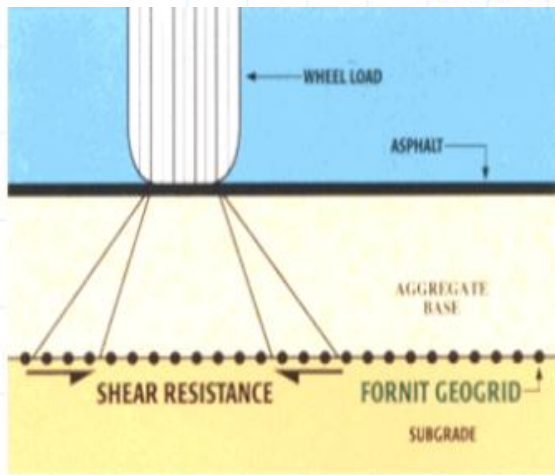
ب- یک قطعه ژئوگرید دو جهته Biaxial Geogrid



نمونه هایی از ژئوگریدهای بافته شده



تصویری از یک ماشین بافندگی با مکانیزم پودگذاری پروژکتایل در حال بافت یک نمونه ژئوگرید



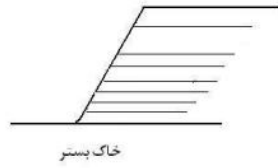
الف

تأثیر بکارگیری ژئوگریدها در جلوگیری از نشست جاده
(الف- جاده مسلح شده با ژئوگریدها -ب- جاده مسلح نشده)

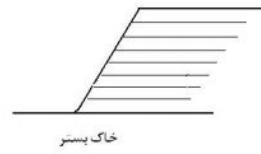


بکارگیری ژئوگریدها در تسلیح خاکریزها و شبروانیها

الگوهای مختلف قرارگیری لایه های تسلیح کننده ژئوگرید در خاکریزهای واقع بر خاکهای سفت



ب- لایه های ژئوگرید با طول مساوی و فواصل نامساوی



الف- لایه های ژئوگرید با طول و فواصل مساوی



د- برگرداندن لایه ها به درون خاکریز در کناره ها



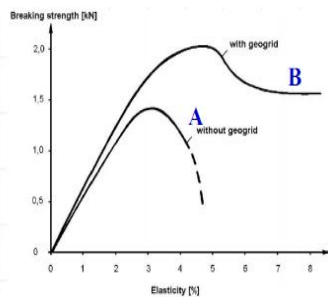
ج- بکارگیری لایه های اصلی به همراه لایه های کمکی



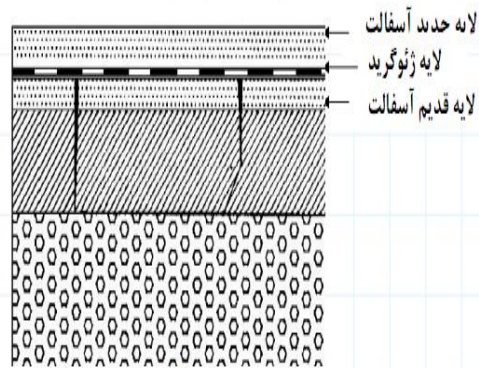
(پس از احداث)
شبكة های ژئوگرید به همراه پوشش خارجی بتنی متصل به آنها و ساخت دیواره هایی با شیب قائم



(در حین احداث)



تیر ژئوگریدها در افزایش مقاومت آسفالت در مقابل ترک خوردگی
آسفالت بدون ژئوگرید - B - آسفالت مسلح شده بوسیله ژئوگریدها
روکش کردن لایه جدید آسفالت به کمک ژئوگریدها

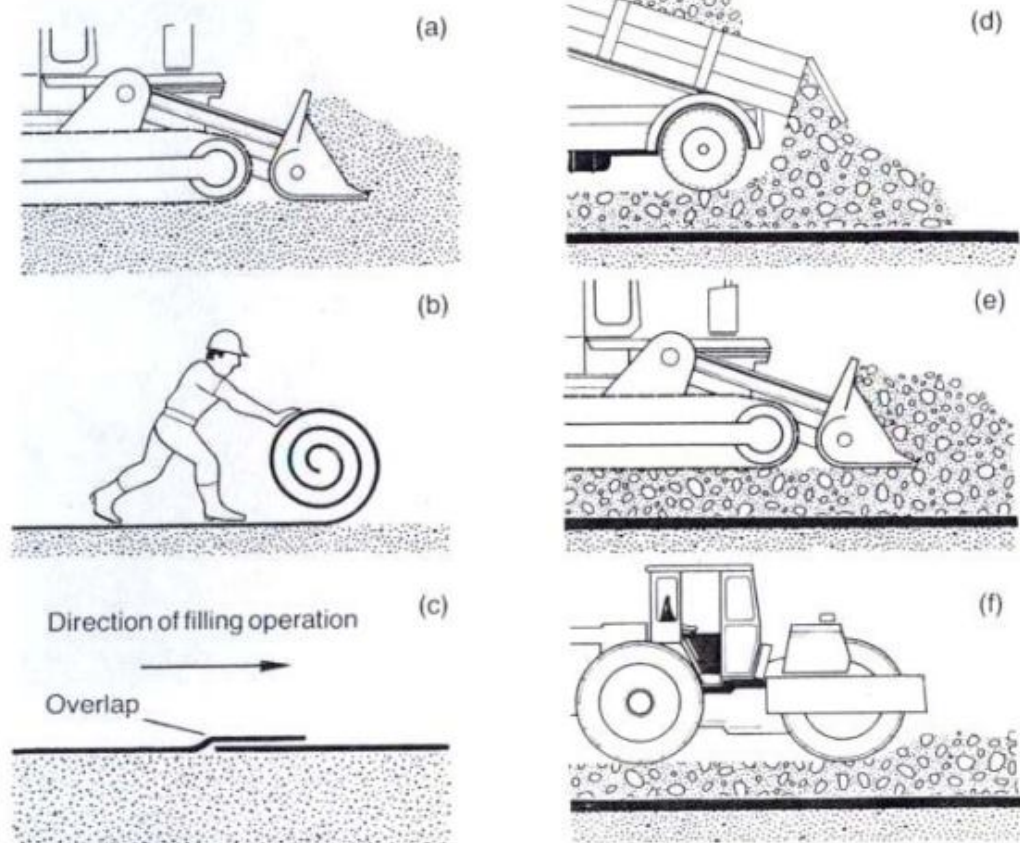




الف- باند فرودگاه کارتاز در کشور تونس تا پیش از سال ۱۹۹۲ میلادی (ترک خوردگیهای زیادی در سطح آسفالت باند فرودگاه دیده میشود)
 ب- روکش کردن لایه جدید آسفالت به کمک ژئوگریدها موجب افزایش مقاومت آسفالت در مقابل ترک خوردگی شده است.



استفاده از ژئوگریدهایی با منافذ ریز و یا بکارگیری آنها به همراه یک لایه ژئوتکستایل دیگر، موجب جلوگیری از رانده شدن سنگ دانه ها به درون خاک نرم بستر، جداسازی میان لایه خاک بستر و سنگ دانه ها و نهایتاً افزایش طول عمر راه آهن میشود.



مراحل مختلف نصب و بکارگیری ژئوتکستایلها در خاکریزها و زیرسازی لایه های جاده ها

مراجع

۱- ایمان الیاسیان ، کاربرد ترکیب ژئوممبران و ژئوتکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی سایت

www. Iransaze.com

۲- مسعود حسن زاده، سمنار کارشناسی ارشد نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۶

۳-ایمان الیاسیان ، راهکارهای مقاوم سازی و بهسازی خاک و فونداسیون سایت www. Iransaze.com

4-Phillips Petroleum guides

5-International Geo synthetics Society instructions & Geo synthetics Research Institute (GRI)

6-International Association of Geo synthetics Installers manuals

7-Installation Guideline Geo membranes” Technical argu Austrian Company information

8- Technical Report 2003/08/04 “Long-Term Management of Final Municipal disposal Sites”

کاربرد ترکیب ژئوممبران و ژئوتکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی

Geo Synthetic (Geo Membrane & Geo Textile) application of Concrete Reservoirs In insulation

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

iman.elyasian@gmail.com

چکیده :

با عدم رعایت ملاحظات اجرایی در آبنندی مخازن بتنی گاهی اوقات بر اثر نشستهای نامتقارن و عوامل محیطی امکان ایجاد ترک خوردگی و نشست وجود دارد. یکی از روشهای آبنند نمودن مخازن، کانالها و لاگونهای تصفیه فاضلاب، تونلها و استخرهای کشاورزی (بدون لایتینگ بتنی) و... استفاده از ورقهای پلیمری ژئوستتیک یا کامپوزیت است، در این نوشتار به بررسی کاربرد و نحوه اجرای این ورقها در ایزولاسیون مخازن نفوذ پذیر می پردازیم.

کلید واژه : ژئوستتیک، ایزولاسیون، نفوذپذیری بتن

مقدمه : در کنار استفاده سایر روشها چون استفاده از پوششهای صنعتی در آبنندی بتن مخازن روباز به دلیل تأثیر اشعه ماورای بنفش و عوامل دیگر در تخریب سطح به مرور زمان کارایی خود را از دست می دهند، عدم توجه به انقباض بتن و کرنشهای حرارتی در طراحی مخازنی که در گذشته ساخته می شده اند و عدم توجه به درزهای حرکتی مناسب (انقباضی، انبساطی و لغزشی) و نشستهای نامتقارن امکان ایجاد ترکهای سطحی و مویین وجود دارد که در یک محیط خورنده مثل لاگونهای فاضلاب امکان نفوذ و گسترش این ترکها وجود دارد یکی از راههای آبنندی استفاده از ترکیب ژئوتکستایل (برای درگیری و ایجاد سطح زبر) و ژئوممبران می باشد.

۱- معرفی برخی از ژئوستتیک های مهم

۱-۱- ژئوتکستایل: ژئوتکستایلها دارای ۲ نوع کلی منسوج (بافته) و غیر منسوج (نبافته) می باشند که بر پایه پلی استر و پلی پروپیلن و ترکیبی از سایر مواد پلیمری با ضخامتها و ابعاد گوناگون تولید می شود و با توجه به مقاومت مکانیکی دارای کاربردهای متنوعی شامل تقویت بستر، کاهش ضخامت لایه های گوناگون خاک (اساس و زیر اساس)، جلوگیری از ایجاد ترک در روکشهای آسفالت، جداکننده بین لایه های گوناگون خاک جهت جلوگیری از تداخل دانه بندی ها به یکدیگر، فیلتراسیون و سیستمهای زهکشی، لایه های محافظتی ورقهای ژئوممبران در تقابل نیروهای پانچ، یک المان سازه ای در طراحی و ساخت خاکریزها، شیپها و شیروانیهای خاکی، دیوارهای حائل



۱-۲- ژئوممبران: غشاء آبنند و غیرقابل نفوذ برپایه پلی اتیلن (هر دو نوع با پلی اتیلن با چگای بالا و پایین LDPE, HDPE)، پلی پروپیلن (PP) و پلی وینیل کلراید (PVC) می باشد که ضخامتهای متفاوت (۰,۷۵، ۱، ۵، ۲۱ میلیمتر) با مقاومت های مکانیکی، کششی و ضریب انعطاف پذیری متغیر بوده و به صورت صاف و زبر (مضرس) تولید می گردد. عرض هر رول ثابت بوده (حدود ۷ متر) و با افزایش ضخامت، طول رول کاهش می یابد تا وزن هر رول تقریباً ۱,۵ تن بوده و قابل بارگیری برای جراثقیل باشد. (رولهای ژئو تکستایل با عرض ۵ متر و طول ۴ متر تولید می شود و وزن آن در حدود ۶۰ کیلوگرم (به دلیل دانسیته پایین) است و کارگر به تنهایی می تواند آن را حمل کند) پوشش ژئو ممبران جهت ایجاد سطوح آبنند و ایزوله از قبیل لاگونهای تصفیه خانه فاضلاب، کانالهای آبرسانی، مخازن ذخیره آب آشامیدنی، مواد نفتی و شیمیایی، ساخت سایتهای دفن بهداشتی زباله، دریاچه های مصنوعی، استخرهای آبیان، ایزولاسیون و عایق بندی سازه های زیر زمینی استفاده می گردد در قیاس با روشهای مشابه دارای سهولت و سرعت اجرا با توجه به انعطاف پذیری می توان در مناطق لرزه خیز با توجه به نشستهای غیر متقارن از آنها استفاده کرد. ورقهای ژئوممبران مقاوم در برابر نور خورشید، مقاوم در برابر زلزله و رانش زمین هستند و جلبم و خزه به آن نمی چسبد (مشکل اکثر پوششهای صنعتی را ندارد) مقاوم در برابر تغییرات درجه حرارت (بین 40°C تا 70°C درجه سانتیگراد) و بسیار با دوام و مقاوم در برابر رویش گیاهان، علفهای هرز و حمله جونندگان است از یانرو امروزه از این ورقها برای احداث استخرهای کشاورزی در محل گود برداری بجای جداره بتنی استفاده می شود

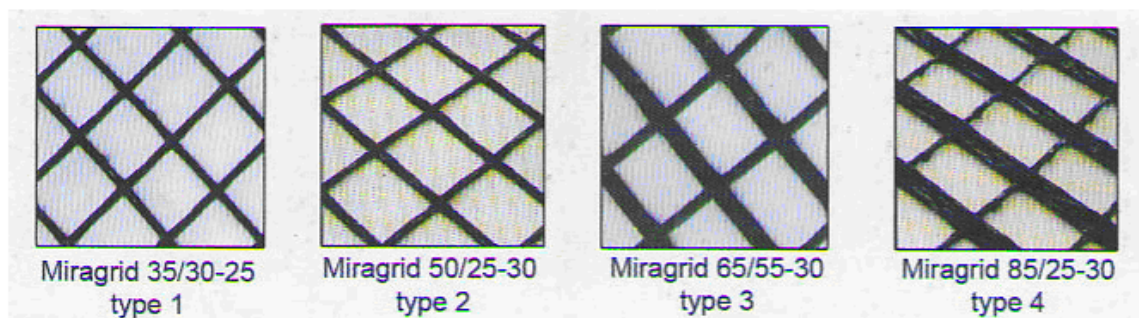
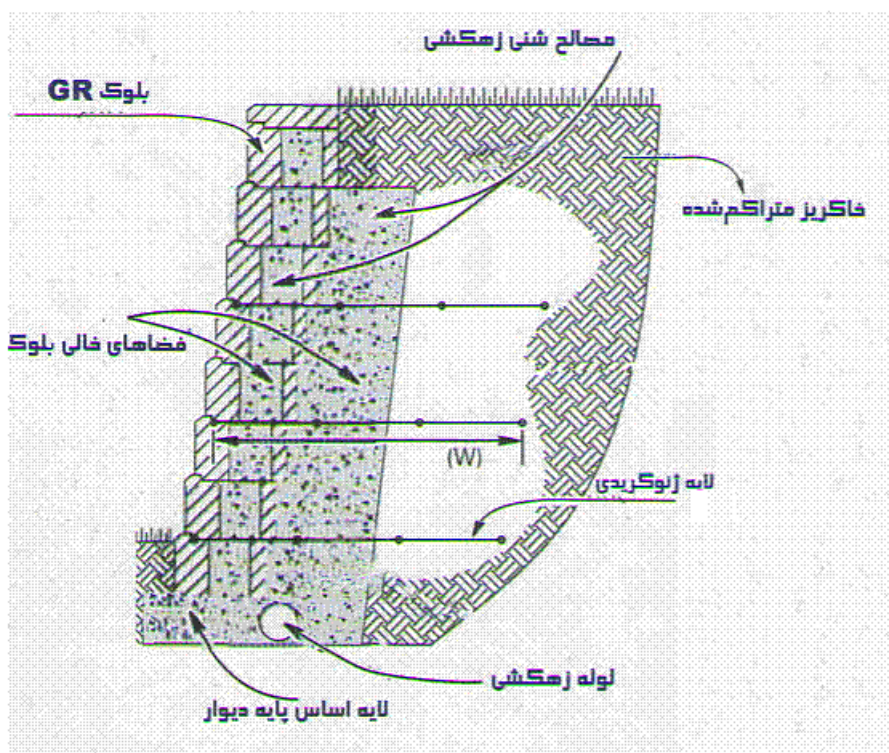


استخرهای خاکبرداری شده و دریاچه های مصنوعی کوچک که با ژئو ممبران ساخته می شوند دارای مزایایی چون بستری بهداشتی و عاری از عوامل بیماری زا برای آبیان، حفظ کیفیت و زلالی آب، کاهش هزینه های هوادهی و تغذیه، شستشوی راحت و آسان، عدم چسبندگی جلبک و خزه به جداره می باشد از اینرو می توان در جوضچه های پرورش ماهی استفاده کرد و برای احداث کانال انتقال آب با توجه به

عدم جایگزینی خاکهای گچی، آهکی و نمکی محل، جلوگیری از هدر رفتن و نشستی آب، سرعت در نصب و پایین بودن هزینه های احداث، ممانعت از رویش نی و علفهای هرز استفاده می شود.

۱-۳ ژئوگریدها: بر پایه پلی اتیلن و پلی استر بوده و در ضخامت، سایز و ابعاد مختلف به صورت شبکه های ۳ بعدی تولید و ارائه می گردند از کاربرد مهم آن در تحکیم بسترهای خاکی بویژه در دیوارهای حائل و کوله پلها می باشد.

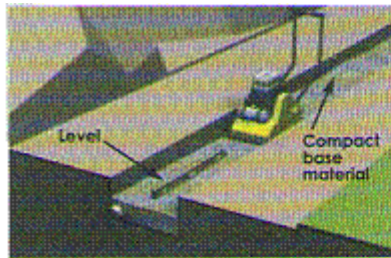
دیوارهای حائل که با ژئوگرید ساخته می شود (Geosynthetic Soil Wall) دارای قابلیت های ۱- اجرا با انواع خاکهای موجود ۲- رنگ پذیری در ساختار دیوار ۳- اجرا در زاویا و قوسهای لازم ۴- اجرا در شرای جوی نامساعد ۵- نصب سیستم زهکشی در ساختار دیوار حائل ۶- انعطاف پذیری جهت مقاومت در برابر تنشهای محیطی می باشد و امروزه این دیوارها جایگزینی مناسب برای گابیون، دیوار بتنی وزنی، خاک مسلح تسمه ای می باشد



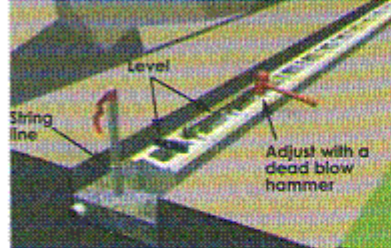
انواع شبکه ژئو گرید



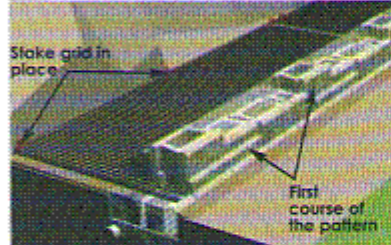
۱-۳-۱ نحوه اجرای ژئو گریدها



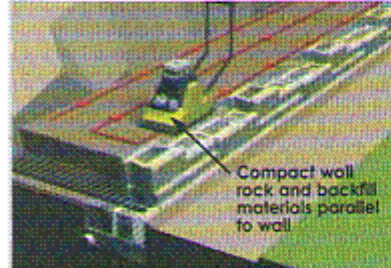
مرحله آماده سازی بستر و نصب لوله زهکش



سطح بندی ردیف اول بلوک (تراز سطح)



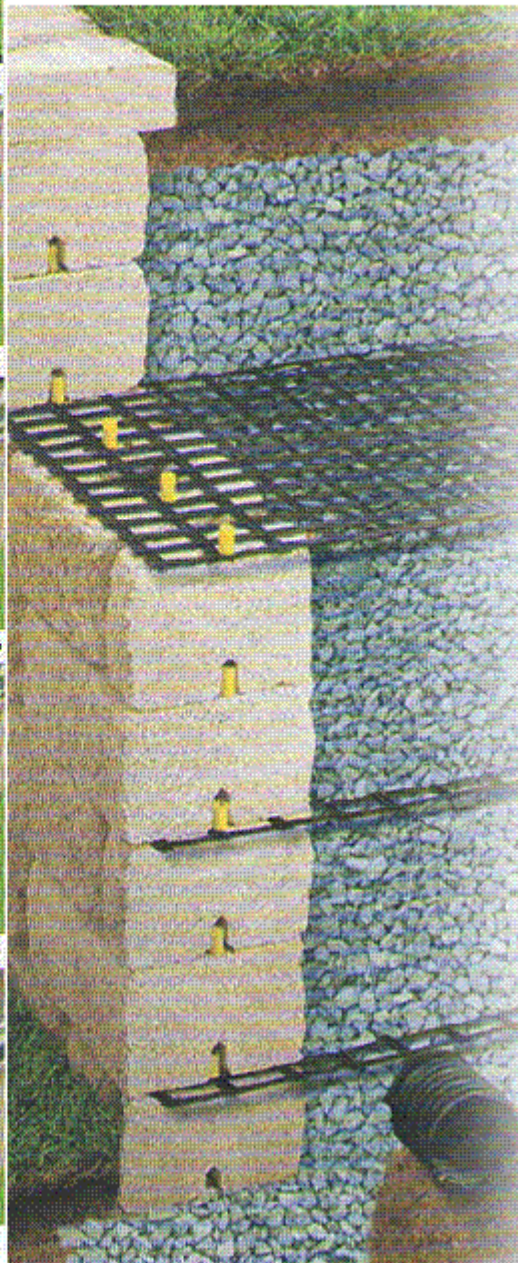
نحوه اتصال و قرارگیری ژئوگرید مابین بلوک ها



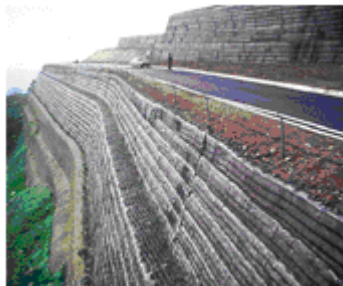
متر اکم کردن لایه زهکش



متر اکم کردن خاک پشت دیوار

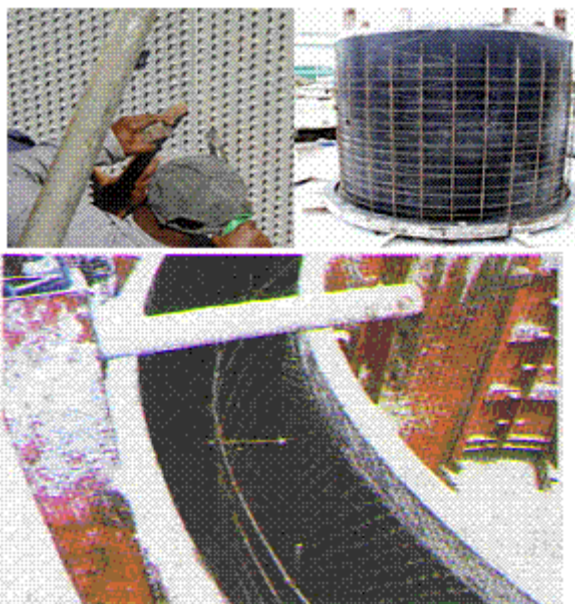


۴-۱- ژئونت ها : لایه های شبکه ای بر پایه پلی اتیلن می باشند که به منظور کنترل میزان نفوذ آب و سیالات در لاگون ها و سطوحی که از عشا ژئوممبران استفاده شده و هدایت آنها به سوی انبارکهای طراحی شده مورد استفاده قرار می گیرد.



۵-۱- ورقهای **Anchor Knob Sheet (AKS)** : برپایه مواد پلیمری از جنس Hexane (بالاترین رده

پلی اتیلن) به صورت ورقهای تقویت شونده با زوائد درگیرشونده از یک طرف به ارتفاع ۱ تا ۱.۵ سانتیمتر و با ضخامت (1.5 to 5 mm) و ابعاد مختلف تولید می شوند(در هر مترمربع ورق حدود ۱۲۴۰ زائده وجود دارد به شکلی کاملاً با بتن درگیر شوند) و کاربردهای مهم این ورقها در ایزولاسیون کانالهای انتقال مواد شیمیایی ، آبندی مخازن نگهداری آب و سایر سیالات شیمیایی ، ایزولاسیون خارجی مخازن شیمیایی به منظور محافظت از نفوذ آب و رطوبت به داخل مخزن و با توجه به استحکام مکانیکی ، مقاومت شیمیایی و عمر طولانی منجر به کاربرد این ورقها در محیطهای شیمیایی خورنده گردیده است.



۱-۵-۱- موارد کاربرد ورقهای **Anchor Knob Sheet**

- ۱- ایزولاسیون سطوح داخلی لوله های بتنی فاضلاب و تونلهای انتقال آب
- ۲- ایزولاسیون مخازن بتنی ذخیره آب و مواد نفتی و شیمیایی و پسابها

۳- ایزولاسیون منهولها و سپتیک تانکها در ابعاد گوناگون

۴- پوشش سطوح بتنی اجرا شده بوسیله چسباتدن ورق با گروت مخصوص به آنها

۱-۵-۲- مزایای استفاده Anchor Knob Sheet

۱- امکان ساخت و قرار گیری در قالب بتن ریزی شده

۲- در گیری کامل ورق با بتن با توجه به شکل و تعداد زائده ها

۳- کاهش زمان ساخت با توجه به همزمانی قرارگیری ورق در بتن و عملیات بتن ریزی

۴- عدم نیاز به انکراژ ورق به بتن و حذف هزینه های مربوطه

۱-۶- غشا آبنند بتونیتی (GCL): از ترکیب چند لایه ژئوتکستایل با بتونیت بدست می آید. کاربرد برای ایجاد سطوح آبنند و ایزولاسیون دیواره مسیره های زیرزمینی چون مترو استفاده می شود.



۱-۷- سایر ژئو کامپوزیتها

۲- کاربرد ژئوتکستایلها

- کاربرد ژئوتکستایل در جدا سازی لایه های خاک
- کاربرد ژئوتکستایل در تسلیح خاک
- تسلیح دیوارهای حایل بوسیله ژئوتکستایلها
- پایداری شیروانیهای خاکی توسط ژئوتکستایل
- تسلیح جاده ها بوسیله ژئوتکستایل
- افزایش شیب مجاز شیروانیها
- پایداری سواحل خاکی بوسیله ژئوتکستایل
- کاربرد ژئوتکستایل به عنوان فیلتر
- کاربرد به عنوان قالب انعطاف پذیر
- کاربرد ژئوتکستایلها به عنوان زهکش

۳- مزایای استفاده از ژئو تکستایل :

- دوام فراوان در خاک (عدم تجزیه پذیری)
- افزایش عمر سیستمهای طراحی شده

- کاهش هزینه های مصالح مصرفی در زمان ساخت
- کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

۴- کاربرد ژئوممبرانها

- کاربرد ژئوممبران در سیستم آبرسانی و مخازن آب آشامیدنی ، صنعتی و پرورش آبزیان
- کاربرد ژئوممبران در چالهای و سایت های دفن زباله شهری و صنعتی برای حفظ محیط زیست
- کاربرد ژئوممبران در سیستم جمع آوری و تصفیه فاضلاب و پساب
- پوشش برای مخازن شیمیایی و پسابهای رادیواکتیو
- پوشش ثانویه مخزنهای زیر زمینی و مدفون نفتی
- پوشش دریاچه های مصنوعی ، صنعتی و آبناهای تزئینی
- پوشش برای دریاچه ها و بستر استحصال نمک و مواد معدنی
- ایزولاسیون دیوارهای قائم
- پوشش برای کانالهای انتقال آب و پساب
- ایزولاسیون ولاینینگ تونلها
- کاربرد ژئوممبران در کنترل خاکهای تورم پذیر
- کاربرد ژئوممبران در جلوگیری از نفوذ گازها
- کاربرد ژئوممبران در پوشش سطح مخازن آب
- سدهای غشایی شناور (ساخت تیوب سدهای لاستیکی)
- پوشش سرریز اضطراری سدها
- استفاده جهت پره آبنند سدهای خاکی جهت کنترل نشت
- ایزولاسیون سدهای خاکی و سنگ ریزه ای و مصالح بنایی
- ایزولاسیون سدهای بتنی یا بتن غلتکی
- ایزولاسیون سدهای موقت جهت کنترل نشت
- سرپوش شناور جهت کنترل نشت در مخازن و همچنین جلوگیری از آلودگی آنها
- مانع انتشار گازهایی چون رادون و هیدروکربناتها در زیر ساختمانها
- کنترل خاکهای تورم پذیر و مستعد یخ زدگی
- جلوگیری از آبهای جاری با فاضلاب و عدم فیلتراسیون آب در مناطق حساس
- در زیر بزرگراهها جهت جلوگیری از آلودگی بوسیله نمکها و مهار ریزش مواد
- سازه نگهاری موقت مایعات
- لایه آبنند در زیر لایه آسفالت

- اصلاح نشتی مخازن موجود روی زمین
 - قالبهای انعطاف پذیر در جایی که اتلاف مصالح مجاز نمی باشد.
- به عنوان مثال در یک سد می توان برای جلوگیری از تراوش و نشت آب از بالا دست به پایین دست از یکی از روشهای زیر استفاده کرد که امروزه به دلیل سرعت و سهولت اجرا از ورقه های ژئوممبران استفاده می شود.

۱- استفاده از پرده آبنند گروت ریزی شده

۲- استفاده از پرده رسی آبنند بالادست جریان

۳- استفاده از پرده آبنند بتنی

۴- استفاده از ژئوممبران

۵- مزایای استفاده از ژئوممبران :

۱- مقاومت مطلوب در برابر عوامل جوی و محیطی و خصوصاً اشعه ماورابنفش

۲- مقاومت مطلوب در برابر انواع مواد شیمیایی از قبیل اسیدها ، بازها و نمکها

۳- مقاومت کششی مناسب در برابر نیروهای وارده

۴- انعطاف پذیری مطلوب در برابر تنشهای وارده خصوصاً در برابر نیروهای دینامیک و نشستهای

نامتقارن

۵- سهولت اجرا و سرعت نصب بالا

۶- کاهش هزینه های ساخت (با بکار بردن ژئوممبران در استخرها ، کانالها مخازن بدون لاینینگ

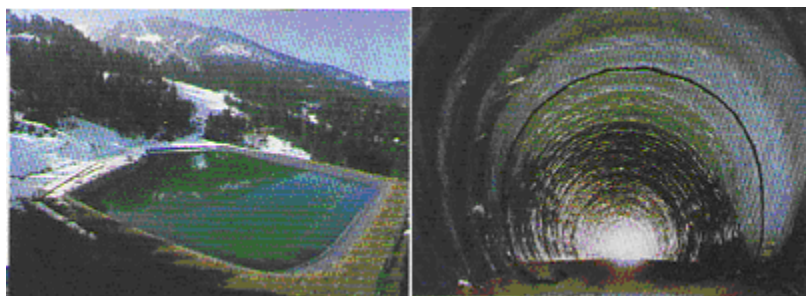
بتنی) ۷- افزایش ضریب ایمنی طرح و عمر مفید پروژه

امروزه برای حفظ محیط زیست بجای سوزاندن زباله های حاوی کاغذ ، منسوجات ، پلاستیکها

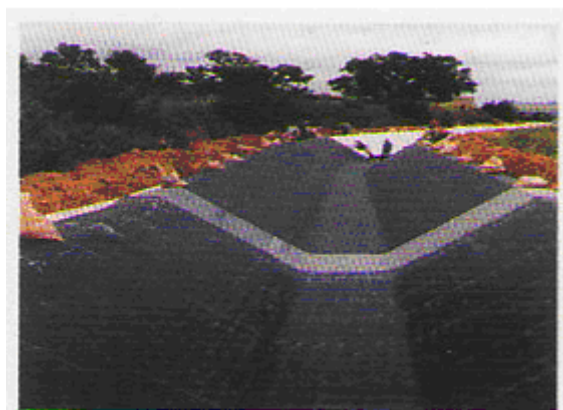
، خرده های شیشه ، فلز ، چوب و چرم آنها را در محلی دفن کرده و پس از مسطح کردن و کوبیدن با

خاک محل می توان آنها را با ژئوممبران پوشاند و باغچه های مصنوعی برای پرورش گیاهان در محل

زباله ها ایجاد کرد.



کاربرد ژئوممبران در ایزولاسیون تونل ، استخرهای کشاورزی و کانال انتقال آب



استفاده جهت پوشش کانال

۶- نحوه اجرای پوشش ژئوممبران و ژئوتکستایل در ساخت استخر کشاورزی پس از گودبرداری و تسطیح و تراکم خاک طبق اشکال اقدام به خفر ترانشه مهار ورق می نمایم.



1

گود برداری بعد از تراز کردن سطح و گف استخر



2

بستر گود برداری شده قبل از دادن تراکم به دیواره ها و کف



3

کشیدن گاه کل در مناطقی که بستر مشکل تیز گوشه یا ریزشی باشد



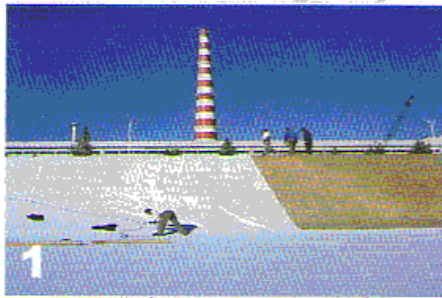
4

مفر ترانشه جهت مهار کردن ورق در محیط استخر



5

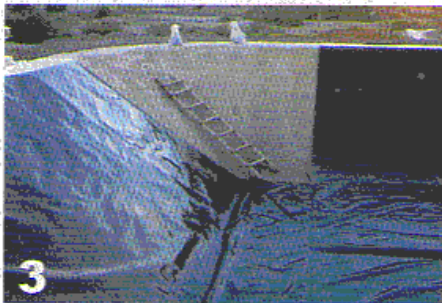
پس از آماده سازی سطح برای بهره برداری ۳ تست فشار، کشش و برش برای بررسی نحوه اتصال ورقه ژئو ممبران الزامی است.



آماده سازی بستر با ورق ژئوتکستایل



پهن کردن ورق ژئوممبران بصورت دستی و ماشینی



نمونه برش و قرار گیری ورق در کنج



مهارد ورق در ترانشه مفر شده



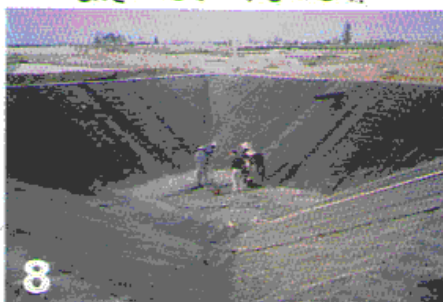
موش ورق بوسیله دستگاه اتوماتیک



موش دستی در محل های تقاطع ورق



تست موش دستی با دستگاه وکیوم



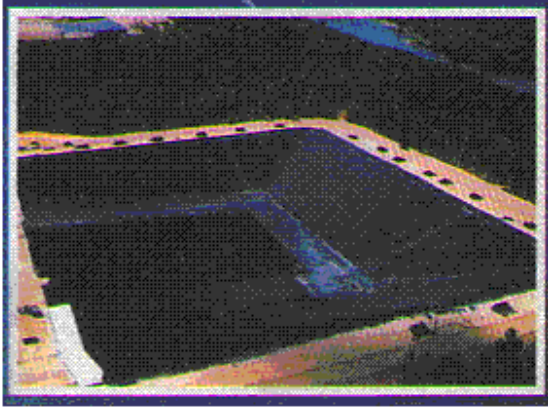
آماده بهره برداری



تست برش (Shear) موش دستگاه اتوماتیک



تست چسبندگی (Peel) موش دستگاه اتوماتیک



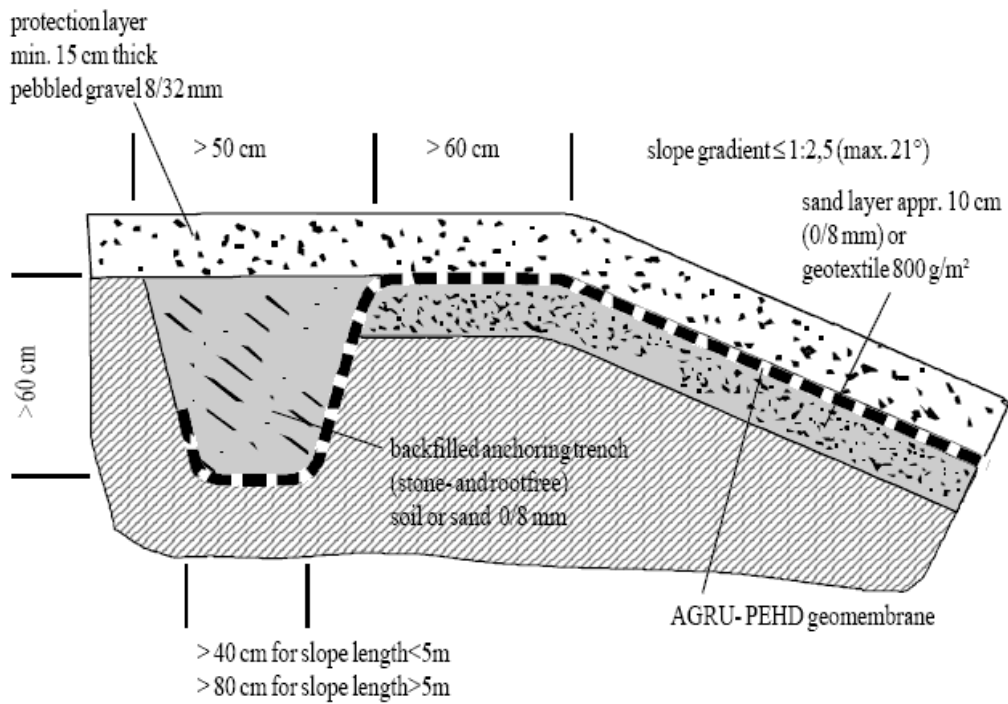
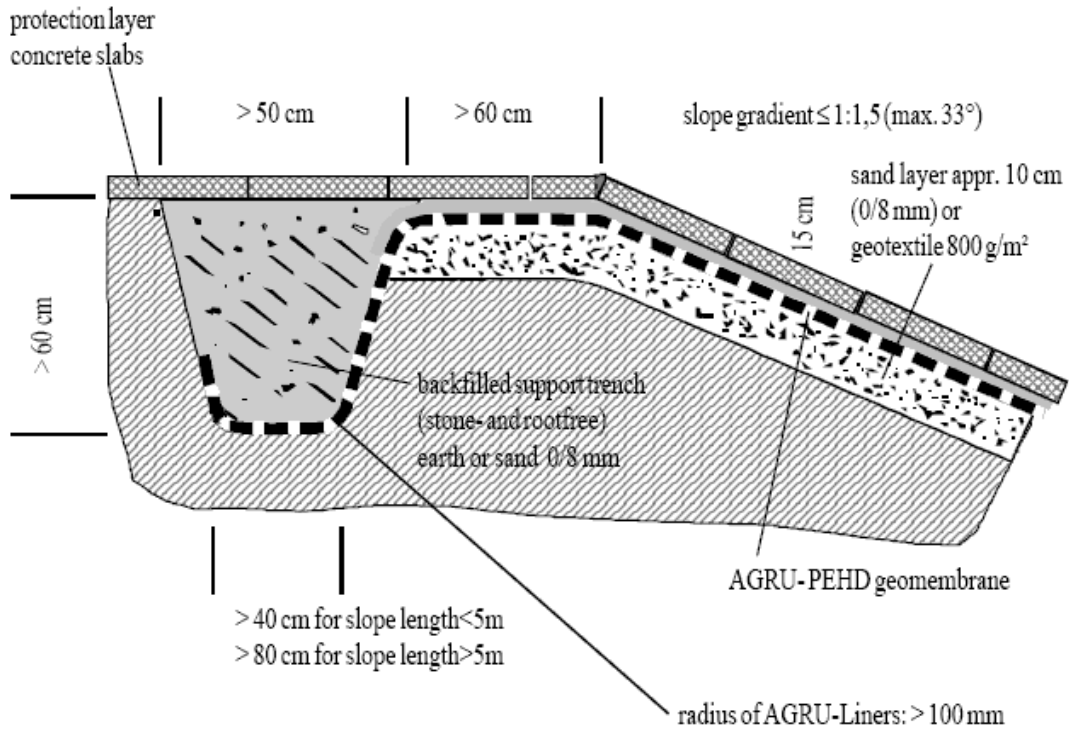
اتصال و جوش ورق با دستگاه دیجیتالی و اتوماتیک ربوت

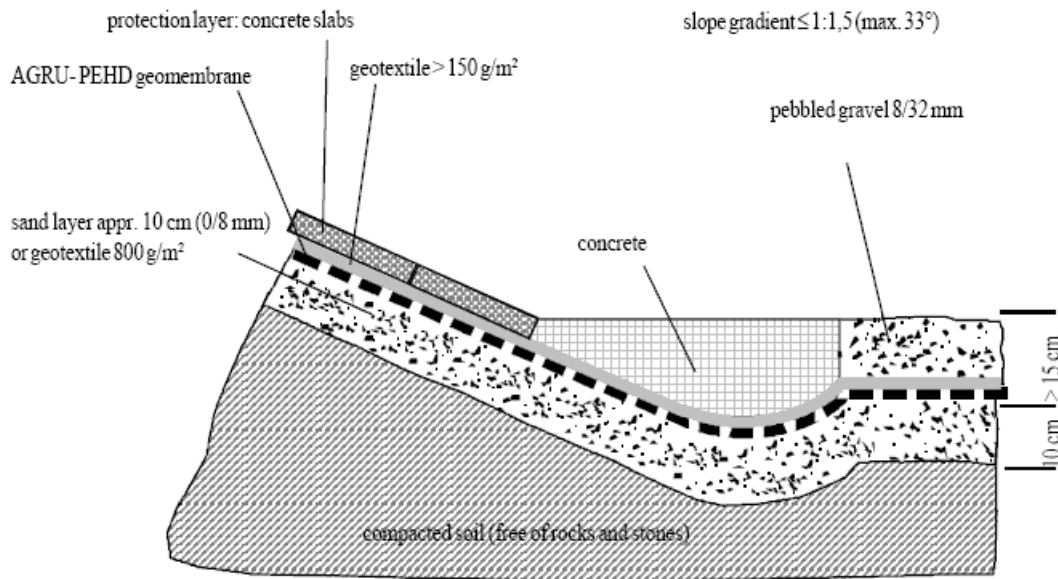
امروزه برای حفظ محیط زیست در محل جمع آوری زباله های متشکل از پلاستیک، مواد آلی ، کاغذ، خرده شیشه ، فلزات،منسوجات، چوب و چرم و . . . پس از کوبیدن با خاک محل اقدام به ژئوممبران نموده و در محل آن با خاک نباتی می توان اقدام به ساخت باغچه مصنوعی نمود.



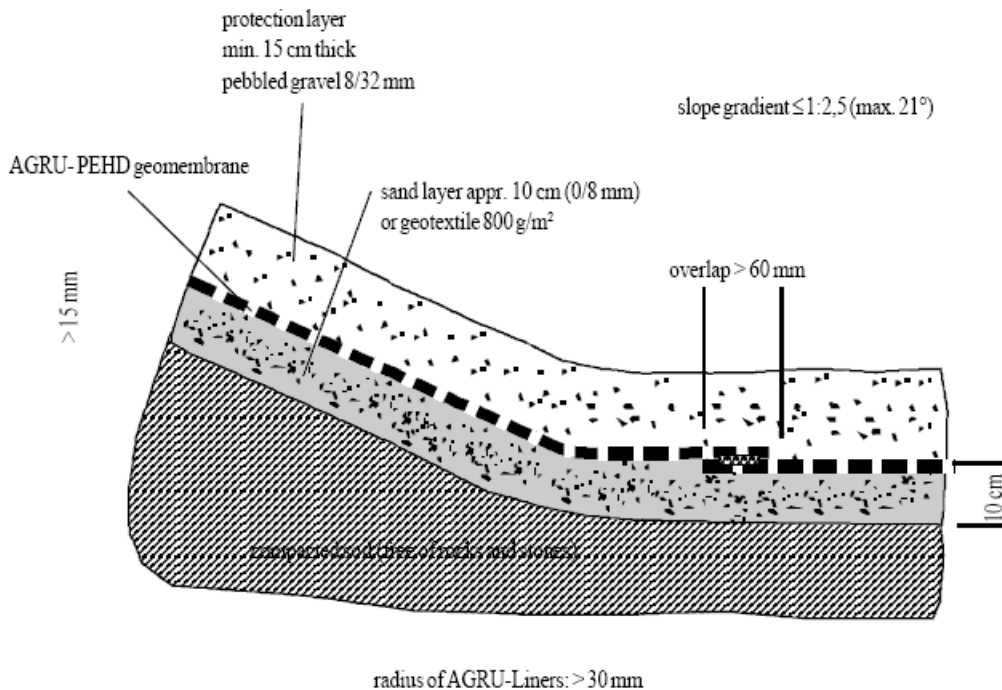
۷- دتایلها اجرایی و مراحل نصب ژئو ممبران و ژئو تکستایل

همانطور که در شکل می بینید برای ایزولاسیون بستر خاکی از ژئو ممبران از جنس پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) که در زیر آن ژئو تکستایل قرار دارد استفاده شده و برای مهار ورق در انتها ترانشه و گودالی به عرض 50cm و عمق 60 cm حفر می کنیم و پس از قرار گیری ورق آن را با خاک متراکم یا ماسه پر می کنند از این روش براس ساخت حوضچه پرورش ماهی و استخرهای کشاورزی استفاده می شود.



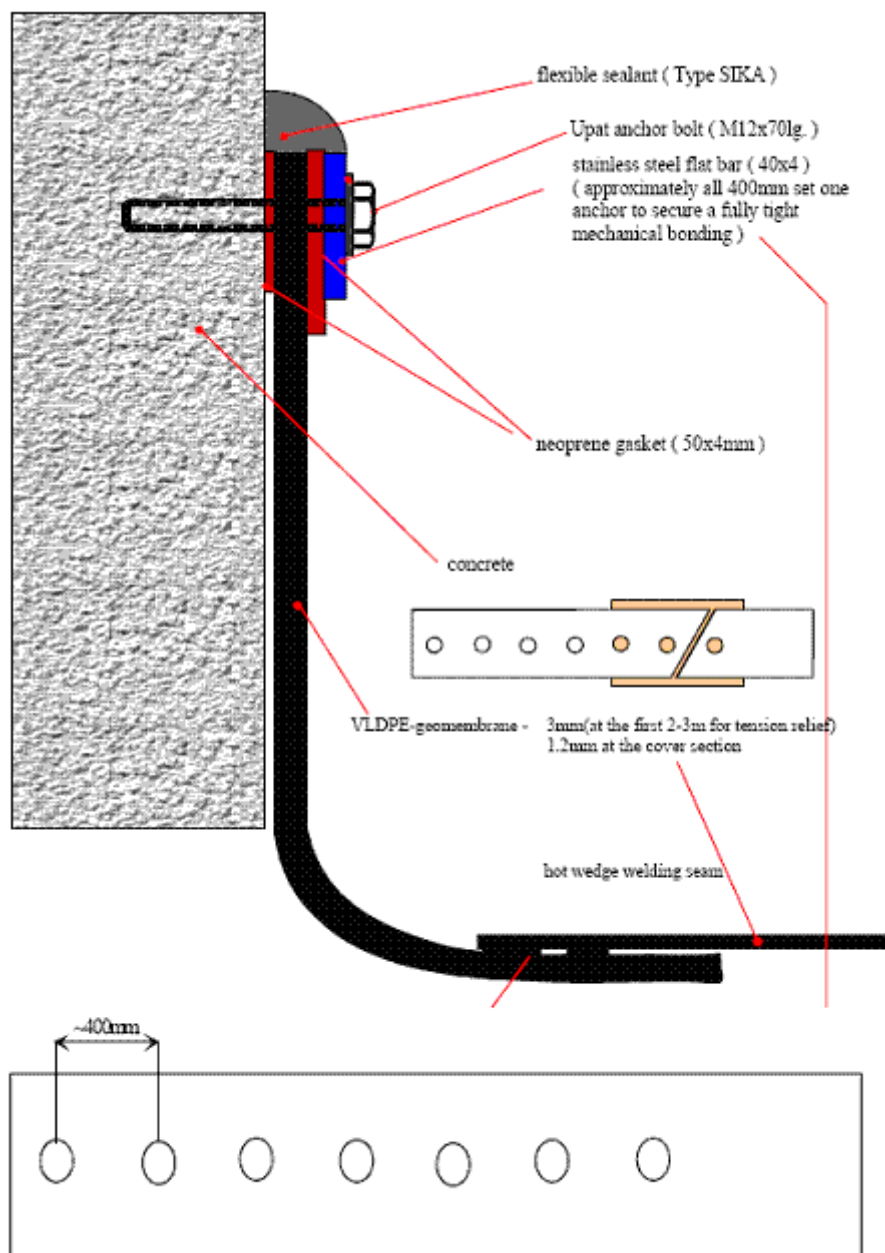


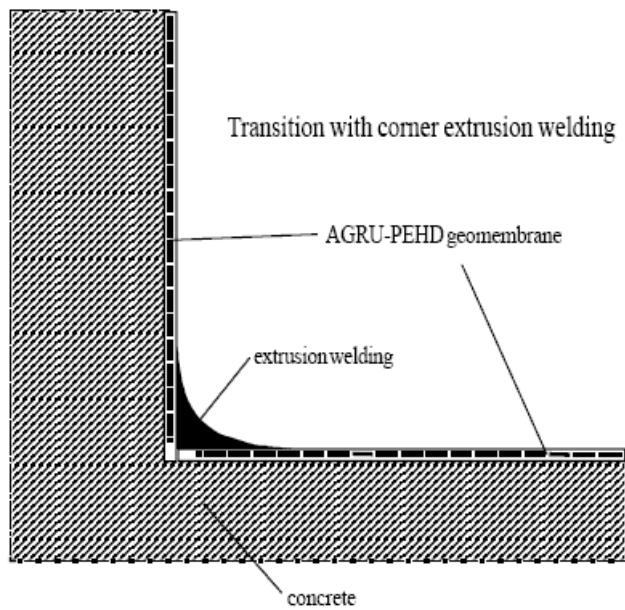
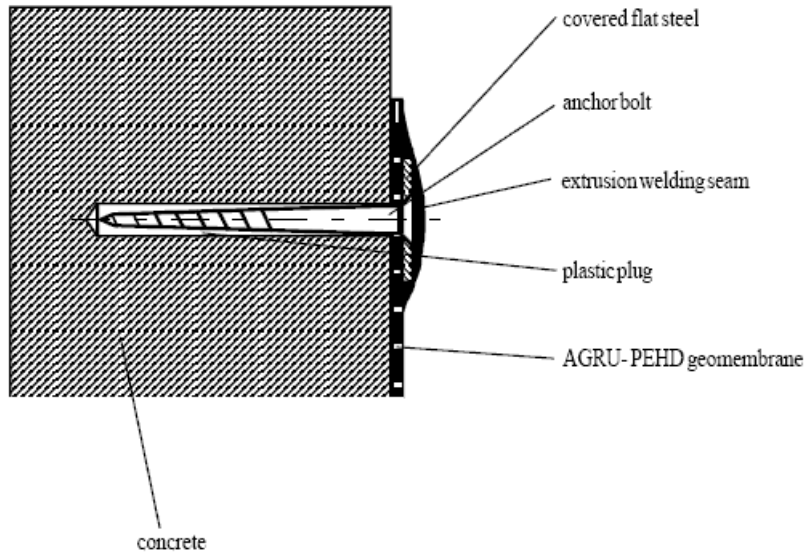
در زیر لایه ژئو ممبران ماسه نرم (ماسه بادی) یا ژئوتکستایل قرار دارد و در مواردی که به ناچار بایستی همپوشانی کنیم دست کم ۲.۵ اینچ باشد و اگر در جایی لازم شد از وصله استفاده کنیم وصله دست کم با ورق اصلی ۱۲ اینچ هم پوشانی داشته باشد.



برای اتصال ورقه ژئو ممبران به بدنه مخزن از تسمه های فولادی ، پلی اتیلن و یا نیوپرنی استفاده می شود در ابتدا ژئوتکستایل را با میخ (۱.۵ اینچی) و چاشنی به بدنه به کمک گان (اسلحه تفنگی) در فواصل ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر شلیک کرده ، سپس ژئو ممبران دو لا که دور تسمه پلی اتیلن تابیده شده و روی ژئوتکستایل قرار دارد را با گان و میخ (۲ اینچی) و چاشنی به صورت ضربدری به آن شلیک می کنیم و در صورتی که از

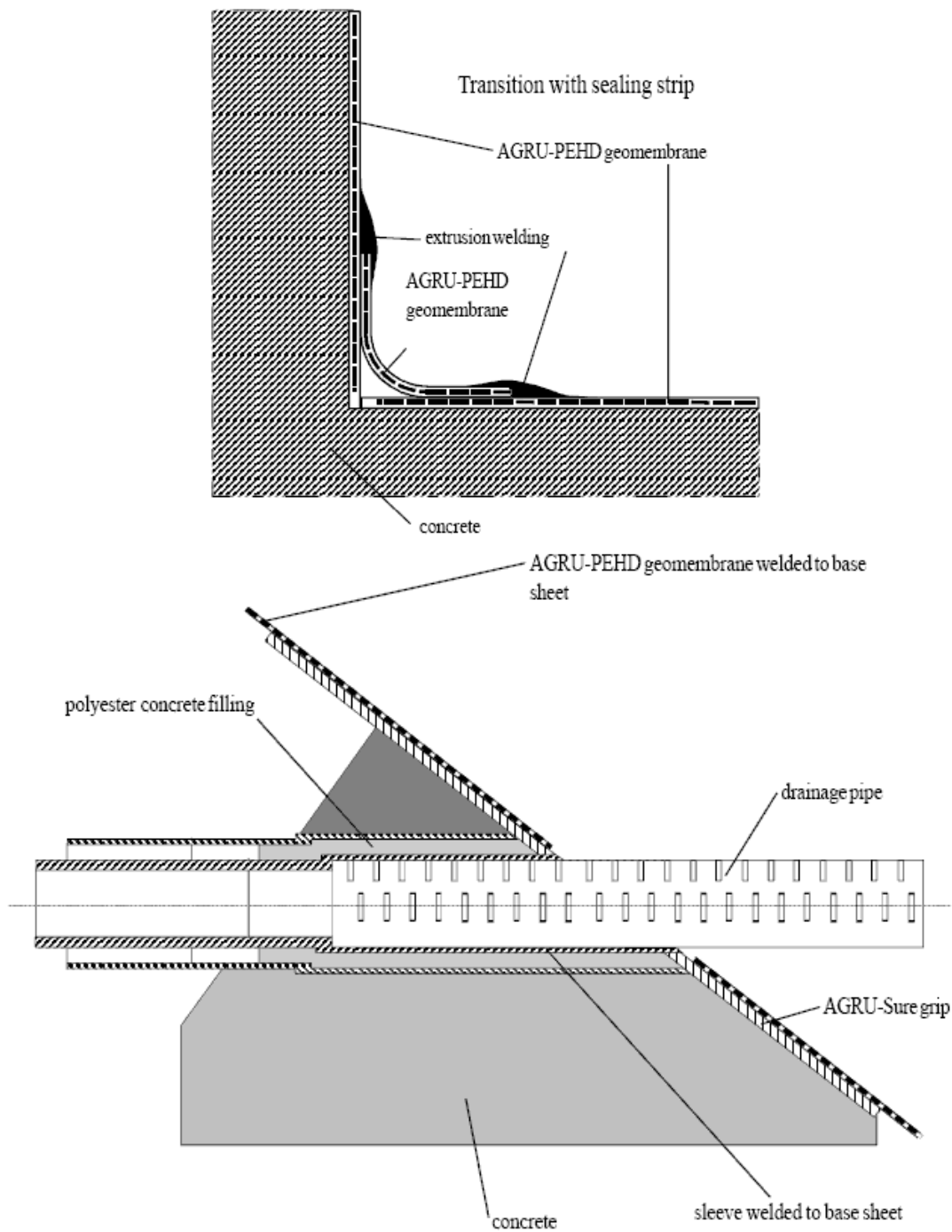
تسمه فولادی استفاده کنیم احتمال ارتعاش و تابیدگی و جود دارد و لازم است آن را پس از سوراخ کردن تسمه و بدنه مخزن در لبه با هیلتی آن را در فواصل ۱ تا ۱.۵ متری انکر بلت نماییم.





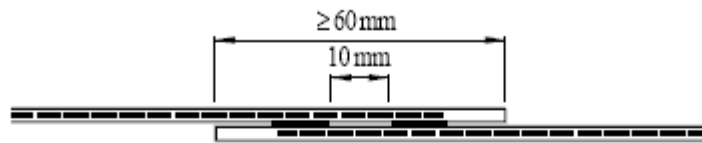
جوش اکستروژن

لازم است کیستهای در کنج مخازن و تقاطع اتصال بدنه به کف مخزن در ژئو ممبران ایجاد کنیم تا کشش ورق در انتها و لبه مخزن (محل اتصال آن با بدنه مخزن) کمتر گردد و یا اتصال مثل دتایل بعدی صورت گیرد...

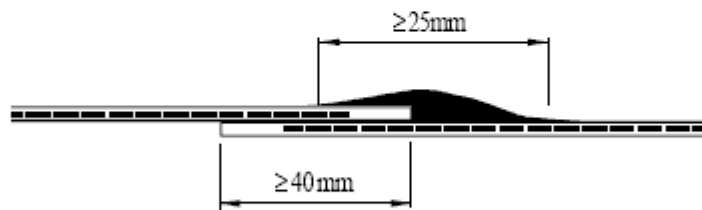


برای عبور لوله زهکش و درین لازم است اسلیو یا لوله را با فلز پایه درین جوش داده و آن را از درون لوله پلی استر که از بتن پر می شود عبور دهیم استفاده از لوله پلی استر محافظ برای کاهش فشار جانبی بتن در هنگام بتن ریزی به لوله اصلی می باشد.

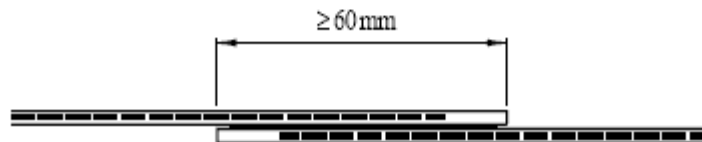
Hot air wedge welding seam with test channel for air pressure test



Extrusion welding

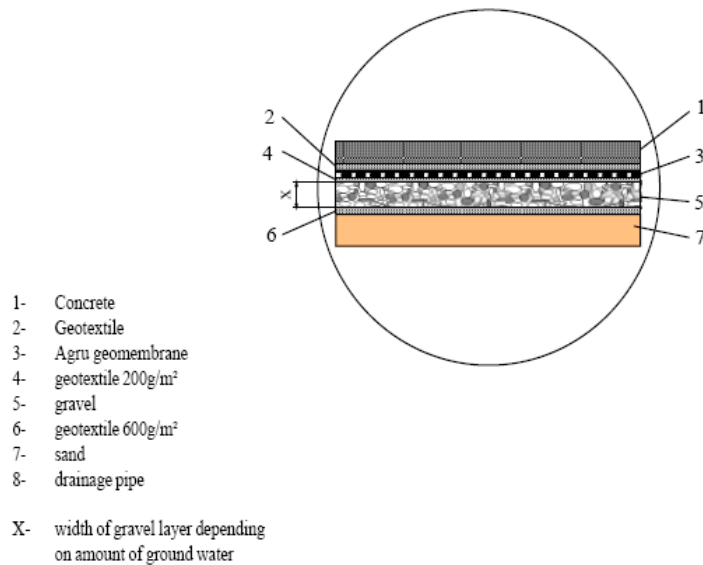
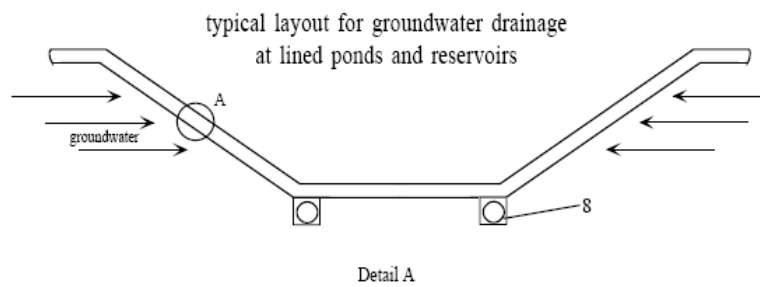
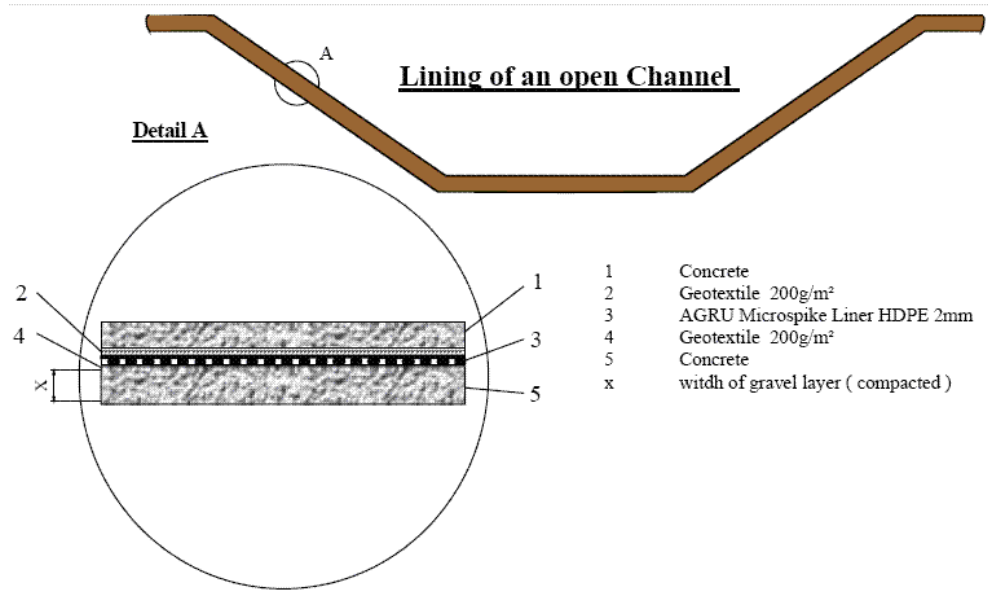


Overlap fusion welding by hot air gun and pressure roller



اتصال ورقهای ژئو تکستایل از طریق جریان هوای گرم به کمک اتو یا سشوار خاصی که حرارت زایی آن از طریق جریان برق حاصل می شود و برای اتصال ژئو ممبران ۳ روش وجود دارد یکی همان روش اول و استفاده از هوای گرم و فیلوژن و تست هوای محبوس بین دو لایه ، استفاده از اکسترودر و روش سوم استفاده از ربات و غلتک فشاری برای خروج هوای گرم می باشد.





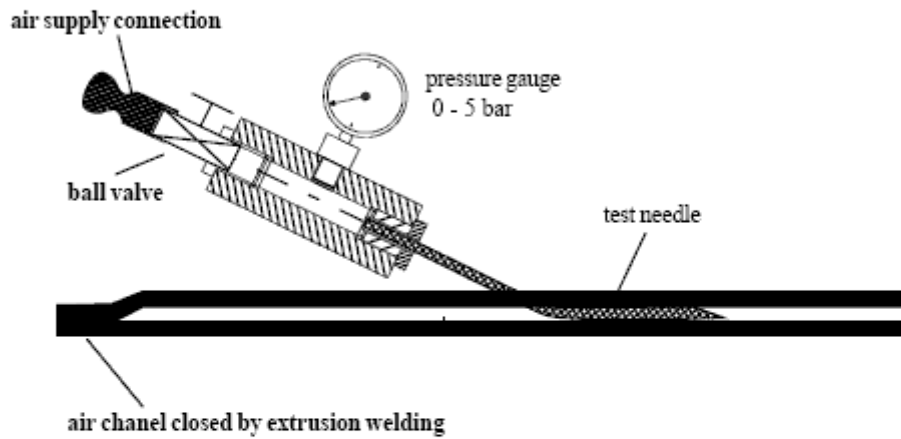
به طور کلی ۳ تست مهم برای ورقهای ژئوممبران وجود دارد تست کششی ، برشی و فشار هوا که تست فشار به ۲ روش تست سوزن و مغزه انجام می شود.

air pressure test devices

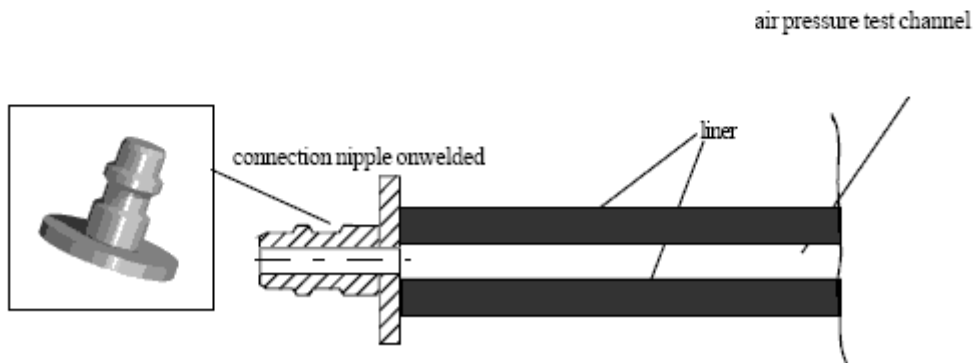
dependent on the test device:

- a.) test needle
- b.) test nipple

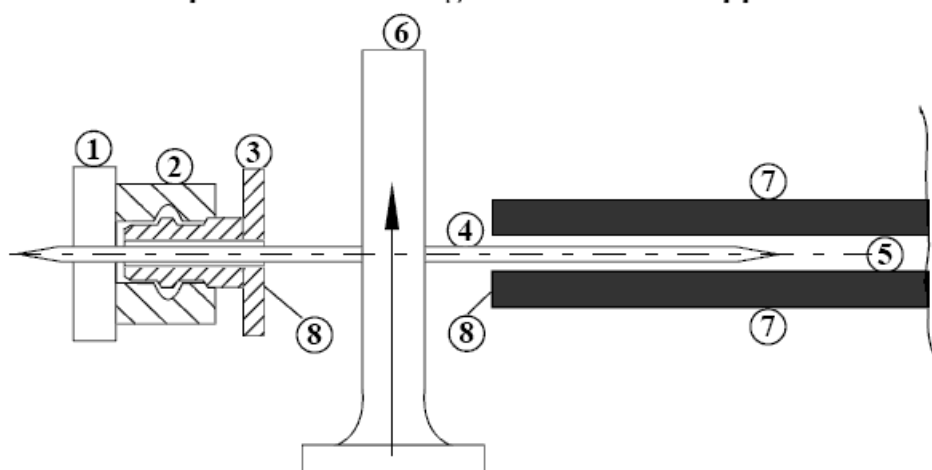
reserve - pressure gauge



when using a in-line quick coupling a connection nipple is required:



Air pressure test using the connection nipple



- ① composing tool
- ② in-line quick coupling (mounting support for connection nipple)
- ③ connection nipple
- ④ guide pin
- ⑤ air pressure test channel
- ⑥ hot air gun nozzle with recess for guide pin
- ⑦ liner
- ⑧ plasticized welding zone

نتیجه گیری

با توجه به کاربرد و استفاده مواد نوین در مهندسی عمران، توجه به نکات اجرایی و مراحل نصب و تدوین آیین نامه برای کنترل و نظارت بر آنها ضروری به نظر می رسد و توجه به تکنیکهای جدید و مزایای آن در کنار روشهای سنتی اجرایی با ارزیابی اقتصادی و امکانپذیری با قضاوتهای مهندسی می توان با هزینه کمتر بازدهی بیشتری داشت.

مراجع :

- 1- "Installation Guideline Geomembranes" Technical argu Austrian Company information
- 2- Technical Report 2003/08/04 "Long-Term Management of Final Municipal disposal Sites"
- ۳- اطلاعات فنی شرکت مهندسی ژئوسنتیتیک مکرر و نظارت کارگاهی از مراحل نصب نگارنده
- ۵- نشریه ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی

کاربرد پوششهای صنعتی در نفوذ ناپذیری بتن واقع در محیط خورنده

Industrial coating application for prevention of penetration In concrete at corrosive environment

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

iman.elyasian@gmail.com

چکیده :

در کنار روشهای متداول برای جلوگیری از نفوذ پذیری و خوردگی بتن و آب بند نمودن آن چون استفاده از سیمانهای پوزولان طبیعی و مصنوعی ، میکرو سیلیس ، حفاظت کاتدی ، پوشش آرماتورها با رزین اپوکسی ، استفاده از ورقهای محافظ آلیاژی، آرماتورهای آلیاژی و کامپوزیت و ورقه های FRP ، کاربرد ژئو سنتتیک ها استفاده از پوشش بتنی محافظ و بتن پلیمری ، یکی از روشهای مقرون به صرفه و مؤثر استفاده از پوششهای صنعتی است ، در این نوشتار به بررسی تأثیر برخی از پوششها در کاهش نفوذ برخی از پوئهای مضر چون کلر و سولفات می پردازیم.

کلید واژه : نفوذ پذیری ، دوام ، حمله سولفاتها ، یون کلر ، کربناسیون، پوشش، محیط خورنده

مقدمه :

بتن در محیطهای خورنده حاوی یون کلر و سولفات به مرور زمان خورده شده و خلل و فرج در آن زیاد می گردد و تصور عمومی بر این است که به دلیل مقاومت بالای آن نیازی به پوشش محافظ ندارد ولی بایستی اذعان داشت که بتن با خواص قلیایی ذاتی در محیط اسیدی به شدت آسیب می بیند و بتن به دلیل شکننده بودن تحت تنشها و صربات مکانیکی در طی مدت زمان ترک خورده و خرد می شود و زنگ زدگی و خوردگی آرماتورهای بتن در شرایط خورنده محیط به سطوح بتن گسترش می یابد و در میان روشهای فوق الذکر، استفاده از پوششهای صنعتی کار آمد می باشد همواره در ذهن یک مهندس سازه سوالاتی چون ۱- پوشش صنعتی مناسب بایستی چه مشخصاتی داشته باشد ؟ ۲- چه نکاتی را در هنگام انتخاب یک پوشش باید مد نظر داشت ؟ ۳- چه باید کرد تا پوشش انتخاب شده خواص عالی خود را در طول سالیان حفظ کند ؟ مطرح است.

۱- عوامل مؤثر در آسیب بتن مسلح در محیط های خورنده :

۱- استفاده نادرست از سازه (بارگذاری بیش از حد، ضربه، خستگی)

۲- سایش و فرسایش (کف ها، زیرسازی ها، موج گیری ها)

۳- اثرات محیطی (حرارت، رطوبت، کربناسیون)

۴- مواد اولیه ناسازگار (مصالح سنگی قابل انقباض، ساختار مرکب)

۵- شسته شدن (حل شدن با جاری خنثی یا قلیایی)

۶- حمله مواد شیمیایی (سولفات ها، اسیدها، اسیدهای آلی، ...)

۷- واکنش قلیایی سنگدانه

۸- خوردگی فولاد

۲- آشنایی با خرابی های شیمیایی ناشی از عوامل محیطی :

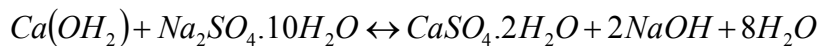
۲-۱- خرابی سولفاتی

سولفاتهای محلول چون سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اغلب نقاط دنیا به طور طبیعی در آب و خاک وجود دارند. معمولاً خاکها یا آبهایی که دارای چنین سولفات هایی هستند، قلیایی نامیده می شوند. کلیه این سولفاتها برای بتن مضرند.

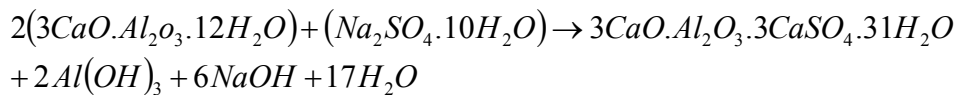
۲-۱-۱ مکانیزم حمله سولفات ها

سولفات ها ترکیبات مختلف سیمان هیدراته شده را مورد حمله قرار می دهند. سولفات های سدیم و پتاسیم با هیدروکسید کلسیم و هیدروآلومینات کلسیم ترکیب می شوند.

فعل و انفعال سولفات سدیم با هیدروکسید کلسیم را می توان به صورت زیر خلاصه کرد



و فعل و انفعال سولفات سدیم با هیدروآلومینات کلسیم به صورت زیر است:



محصولات واکنشهای فوق عبارتند از:

۱- گچ که موجب سستی سطح بتن و مقاومت آن شده، به میزان ۱۲۵ درصد حجم مواد جامد را افزایش می دهد

۲- سولفوآلومینات کلسیم که بنام اترینگایت خوانده می شود و باعث افزایش قابل ملاحظه در حجم بتن و در نتیجه ترک و ریزش آن می گردد. میزان افزایش حجم مواد بر اثر این ترکیب به ۲۲۵ درصد می رسد.

سولفات کلسیم فقط با هیدروآلومینات کلسیم واکنش انجام می دهد که در اثر این واکنش دو شکل مختلف هیدروسولفوآلومینات کلسیم تشکیل می شود

منوسولفات با مقدار کم

سولفوآلومینات کلسیم یا اترینگایت به مقدار زیاد

۲-۲ خرابی کلروری

علاوه بر تأثیر کربناتسیون، مهمترین عامل زنگ زدگی و خوردگی آرماتور در بتن، وجود یون کلرید در آن است که ممکن است از مصالح آلوده یا مواد افزودنی آغشته به کلر یا در اثر نفوذ منابع خارجی مثل محیط دریا وارد بتن گردد. یونهای کلرید تنها در آب وجود دارند از این رو نفوذ کلرید مشروط به حضور آب در سیستم منفذی بتن می باشد. مکانیسم ورود یون کلرید به داخل بتن یا از طریق سیستم مکنده موئینگی است که آب آلوده به کلر وارد بتن میشود، یا از طریق نفوذ ساده یونها (انتشار) در آب راکد، وارد منافذ بتن

می گردد. حالت اول مختص بتن های خشک می باشد و آب وسیله ای است که یون ها را در داخل بتن حمل می کند. در حالت دوم (انتشار) مختص بتن اشباع شده یا نزدیک به اشباع است (بتن مغروق) دربتنی که در چرخه متناوب تر و خشک قرار می گیرد هر دو مکانیسم اجرا می شود و بنابراین تحت چنین شرایطی سرعت افزایش یافته نفوذ یون کلرید وجود دارد.

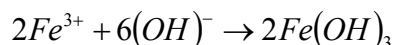
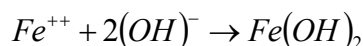
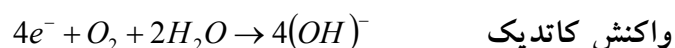
۲-۲-۱ مکانیزم خرابی کلروری

معمولاً خاصیت قلیایی بالای سیمان پرتلند (PH در حدود ۱۳) منجر به ایجاد لایه محافظ نازک از اکسید فریک Fe_2O_3 بر روی سطح فولاد می گردد و آن را روئین و در مقابل خوردگی بیشتر محافظت می نماید. اگرچه خوردگی کلاً متوقف نمی گردد، ولی آهنگ آن بسیار ناچیز بوده و در حد قابل قبول می باشد، تا زمانیکه این لایه روئین کننده فولاد بر روی سطح آن باقی بماند، بتن محیطی ایده آل برای حفاظت فولاد در مقابل خوردگی می باشد. ترکیباتی چون دی اکسید کربن و یون کلر می توانند باعث تخریب و از بین رفتن این قشر محافظ گردند و میلگردها را در مقابل عوامل تخریبی بدون محافظ بگذارند.

تمام کلریدها در بتن بصورت آزاد نیستند و بخشی از یونها با محصولات هیدراتاسیون سیمان پیوند فیزیکی و شیمیایی برقرار می کنند. بنابراین یونهای کلرید در بتن به سه حالت پیوند فیزیکی، شیمیایی و آزاد یافت می شوند محصول هیدراتاسیون و پیوند شیمیایی یون کلر، تمک فریدل می باشد.

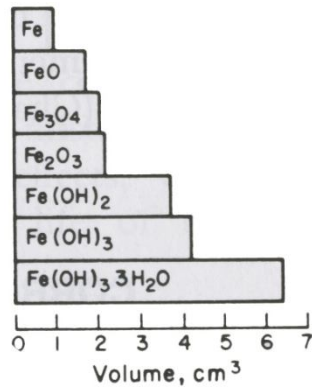
۲-۳ مکانیزم خوردگی فولاد

خوردگی فولاد (میلگردها) در بتن یک فرآیند الکتروشیمیایی است.



در صورتی که $Fe(OH)_3$ محصول اصلی زنگ زدگی میلگرد باشد حجم آن ۴ برابر آهن خورده نشده است و در نتیجه انبساط آن فشار زیادی به اطراف بتن وارد می کند که باعث ترک خوردگی پوشش بتنی اطراف آرماتور می شود و آرماتور بدون محافظ در معرض عوامل محیطی قرار می گیرد. ادامه خوردگی باعث کاهش تدریجی سطح میلگرد می گردد و در صورتی که تعمیرات انجام نشود تخریب و شکستگی ممکن است بطور کامل روی دهد که در این حالت عمر مفید نمونه به اتمام رسیده است.

انجام فرایند خوردگی مشروط به حضور آب و اکسیژن می باشد. از این رو انتظار می رود بتنی که کاملاً در آب مغروق است به دلیل کمبود اکسیژن و یا بتنی که در فضای کاملاً خشک (احتمالاً در رطوبت زیر ۴۰ درصد) قرار دارد، خوردگی وجود نداشته باشد.



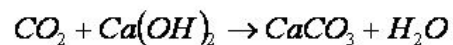
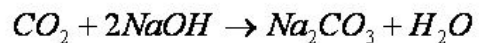
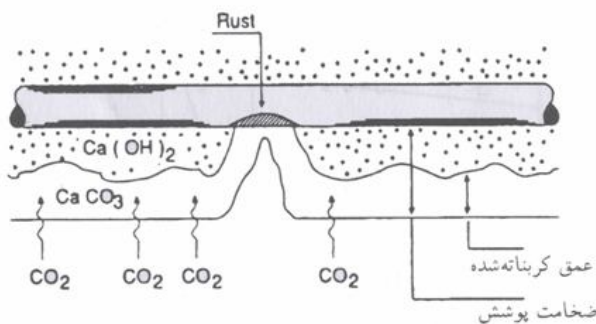
شکل ۱- نسبت افزایش حجم محصولات خوردگی

۲-۲-۲ عوامل موثر در سرعت نفوذ یون کلر

- ۱- تخلخل پوشش بتنی (ساختار منافذ)
- ۲- نوع سیمان و مقدار سیمان (اثر شیمیایی بتن)
- ۳- شرایط محیطی
- ۴- ضخامت پوشش روی آرماتور
- ۵- کربناتی شدن بتن
- ۶- وجود ترک در بتن به علت انقباض و یا مقاومت کم در مقابل یخ زدگی
- ۷- استفاده از تسریع کننده های کلروری با درصد بالا در بتن، غلظت یون کلر در اطراف آرماتور را افزایش می دهد.

۲-۴ کربناسیون

هوای معمولی دارای ۰/۰۳ درصد گاز دی اکسید کربن CO_2 است که در صورت نفوذ CO_2 به داخل بتن ، بین هیدروکسید موجود در بتن و CO_2 واکنش شیمیایی انجام می گردد و کربناتها تشکیل می شوند



۲-۴-۱ عوامل موثر در میزان کربناسیون

- ۱- شرایط محیطی
- ۲- تخلخل پوشش بتن
- ۳- مقدار سیمان و تاثیر سیمانهای پوزولانی

۳- عوامل داخلی مؤثر بر خرابیهای بتن

۳-۱ نفوذ پذیری بتن

۳-۱-۱ عوامل مؤثر در نفوذ پذیری بتن

۱- نسبت آب به سیمان

۲- تخلخل بتن

۳- درجه هیدراتاسیون

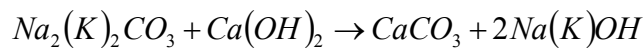
۴- خواص سیمان

۵- اثر دما : با افزایش دما میزان نفوذ پذیری افزایش می یابد.

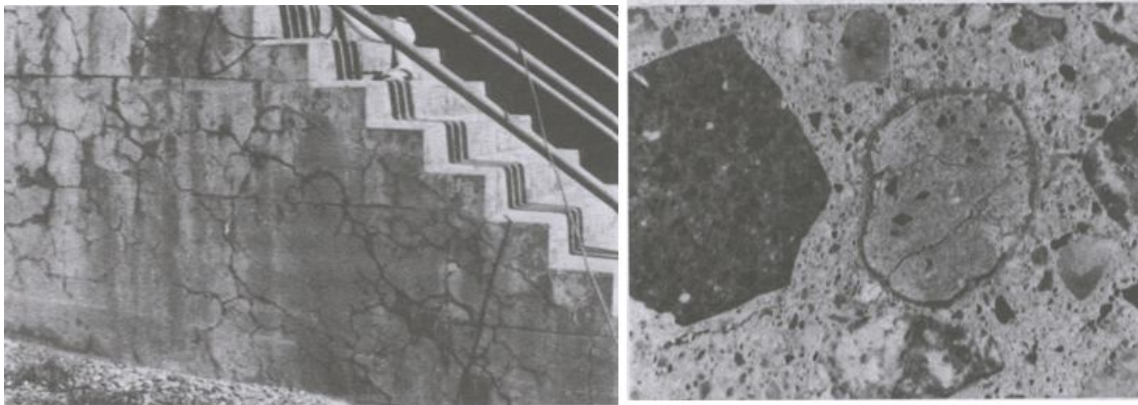
۳-۲ واکنش قلیایی سنگدانه ها

برای واکنش قلیایی سنگدانه ها باید ۱- اجزای فعال و واکنش زا در سنگدانه باشد ۲- قلیایی کافی (K_2O , Na_2O) در بتن وجود داشته باشد ۳- رطوبت کافی

مکانیزم واکنش قلیایی - کربناتی



مکانیزم واکنش قلیایی - سیلیسی



شکل ۳ سطح بتنی ترک خورده بر اثر ترکیب قلیائیهای سیمان و دانه های سنگی

۳-۳ فساد مصالح (وجود بیش از حد املاح در مصالح تشکیل دهنده بتن)

۳-۴ آب مصرفی

۳-۵ کیفیت و نوع سنگدانه

۴- عوامل خارجی مؤثر بر خرابیهای بتن (عوامل فیزیکی و مکانیکی)

۴-۱ سایش ، فرسایش و خلأزایی (کاویتاسیون)

مقاومت سایشی بتن رابطه مستقیمی با مقاومت فشاری و نسبت معکوس با نسبت آب به سیمان دارد همچنین این مقاومت به دانه بندی و جنس سنگدانه ها بستگی دارد آب انداختگی و تشکیل دوغاب سخت سده در منجر به ایجاد سطح شکننده و ضعیف در مقابل سایش در بتن می گردد که با تاخیر در عملیات پرداخت و ماله کشی بتن و ایجاد خلأ یا مکش در بتن می توان مقاومت سایشی بتن را افزایش داد. کاویتاسیون بر اثر تغییر ناگهانی در سرعت ، جهت آب و افت فشار منجر به حفره بر اثر پدیده خلأزایی می گردد به عبارت دیگر هر زمان که فشار در نقطه ای از مایع به دلیل بی نظمی در سطح جریان به حد فشار بخار کم شود، حبابهایی در مایع جاری تشکیل می گردد ، این حبابها با مایع به سمت پایین دست جریان حرکت کرده و به هنگام ورود به منطقه ای پر فشار با ضربه می ترکند ، ترکهای مکرر حبابها در نزدیکی سطح بتن سبب کنده شدن و ایجاد چاله هایی در آن خواهد شد.

۴-۲ تاثیر هوای سرد و یخ زدگی

۴-۳ خرابی ناشی از نمکها و شوره زدگی : بلورهای نمک در نزدیکی سطح بتن ایجاد می گردد رشد بلورها مانند یخ زدگی منجر به تنشهای انبساطی شده و پوسته های خمیر سیمان و سنگدانه های ریز از بتن جدا می شود سولفات منیزیم در مقایسه با سایر نمکها خطرناکتر بوده و منجر به بلوری شدن نمک در سطح بتن و گاهی اوقات به داخل بتن از طریق منافذ موئینه نفوذ کرده و حجم زیادی را تخریب می کند با توضیحات فوق الذکر با اعمال یک پوشش با دوام و مناسب می توان جلوی خرابیهای داخلی و خارجی بتن را گرفت از طرفی مکانیزم خرابی سولفاتی ، کلروی، کربناتی را کنترل کرد.

۵- اهمیت آماده سازی سطح :

تقریباً ۹۵ درصد اهمیت یک پوشش به کیفیت زیرسازی سطح و ۵ درصد باقیمانده به نوع پوشش و روش کاربرد آن مربوط می شود [] .

۵-۱ دلایل آماده سازی سطح :

۱- اطمینان از چسبندگی مناسب رنگ به سطح ۲- افزایش چسبندگی به علت افزایش سطح و افزایش گروههای فعال سطح در واحد سانتیمتر مربع ۳- اطمینان از اینکه واکنش بین رنگ و سطح در اثر حضور یونهای فعال نظیر کلریدها و سولفاتها شکسته و تخریب نشود که با توجه به خورنده بودن محیط توجه بیشتری می طلبد

در کاربرد پوششها ۳ انتخاب بسیار مهم وجود دارد

۱- انتخاب نوع روش زیر سازی ۲- انتخاب نوع آستری ۳- انتخاب نوع پوشش یا رویه رنگ

۵-۲ روشهای آماده سازی سطح

۱- روشهای مکانیکی: نظیر فشار بخار مایع (بخار آب تحت فشار) و ساینده های تحت فشار (سند بلاست)، هوای متراکم، فشار مستقیم و ثقل، سایش با ورقه های سمباده کاغذی و فلزی و ابزارهای دستی چون برس سیمی^۱، کاردک کم عرض^۲ قلم چکش^۳ چلغی چکش لبه تیز^۴ در این تحقیق با فرز ناهمواریهای سطح بتن تا حد امکان اصلاح شده است.

ابزارهای الکتریکی (ضربه ای- چرخشی) پاشیدن آب تحت فشار (واترجت) و استفاده از سود برای واکنش با سولفات و کلرید سطحی و تشکیل نمک و شستشو با آب

مکانیسم پاشیدن ساینده ها

۱- جریان هوای متراکم

۲- نیروی چرخ دوار (نیروی گریز از مرکز)

عوامل تعیین کننده در میزان فشار

۱- انرژی ذرات ساینده پرتاب شده

۲- زاویه برخورد ساینده با سطح کار

۳- سختی سطح کار

۴- سختی ساینده

مکانیسم فشار مستقیم

درصنعت ۳ سیستم ابزار مختلف وجود دارد

۱- سیستم معمولی پاشیدن ساینده خشک

۲- سیستم پاشیدن در خلأ

۳- سیستم پاشیدن ساینده مرطوب

عوامل مؤثر در انتخاب ساینده مناسب

۱- اندازه ۲- شکل ۳- ترکیب شیمیایی ۴- PH ۵- درصد رطوبات موجود ۶- درصد روغن موجود ۷- رنگ

۸- ثبات وزن در اثر حرارت ۹- وزن مخصوص ۱۰- قابلیت تهیه ۱۱- قیمت ۱۲- سختی

ساینده ها به ۲ دسته ۱- معدنی (طبیعی) ۲- سربار فلزس تقسیم می کنیم. تقسیم بندی ساینده ها براساس درصد بلور سیکا انجتم می گردد که از طیف سنجی مادون قرمز بدست می آید.

۲- روشهای شیمیایی: حلال شویی، اسید شویی، قلیا شویی (مثل هیدروکسید سدیم)، شستشو با

محلولهای الکترولیتی، استفاده از رنگ برها و ترکیبات تشکیل دهنده کمپلکس آلی فلزات روشهای

حلال شویی: مالیدن حلال از طریق پارچه یا برس - اسپری - غوطه وری سطح کار قابل حمل در

حوضچه یا تانک حلال - روغن زدایی با بخار حلال

¹-wire brush

2-Scraper

3-Chipping Hammer

4-Chisel

اسیدشویی از طریق اسیدسولفوریک، کلریدریک، نیتریک، فلوئوریدریک و فسفریک در ۳ مرحله انجام می شود ۱- آماده سازی قبل از اسید شویی ۲- شستشو با اسید ۳- شستشوی سطح تمیز شده پس از اسید شویی

رنگبرها به ۲ دسته ۱- آلی (مثل متیل کلراید) ۲- معدنی تقسیم می شوند. در فرمولاسیون رنگبرها ۱- مواد فعال کننده سطحی جهت کاهش سطحی مایع ۲- الکل ها جهت نفوذ در لایه رنگ و تورم و جداسازی آن از سطح ۳- اسیدگلوونات و یا نمکهای آن جهت جدا شدن رنگ از سطح (آب، الکلها و گلیکول اتر) وجود دارد

۳- تمیزکاری انرژی

۱- با استفاده از انرژی حرارتی شعله ۲- استفاده از امواج ماورا صوت ۳- استفاده از لامپ ۴- استفاده از اشعه لیزر ۵- استفاده از پلاسما گاز گرم ۶- استفاده از جت اسفنجی

۶- استفاده از آستری پس از تمیز کاری سطح

۱- واش پرایمر ۲- فسفات کردن شامل فسفات روی و فسفات آهن ۳- کروماته کردن خواص آستریهای کارگاهی

- ایجاد چسبندگی خوب در سطح فلز
 - مقاومت لازم و کافی در مقابل خوردگی فلز
 - زمان خشک شدن کوتاه
 - مقاومت در مقابل ضربه و ترک خوردگی
 - مقاومت در برابر سایش
 - قابلیت پرکنندگی حفره ها
 - چسبندگی به پوشش بعدی
- ۷- بخشهای مختلف تشکیل دهنده یک پوشش

۱- رزینها

۲- رنگدانه و پرکننده

- واقعی

- حفاظتی نظیر پودر روی و فسفات (Zinc Rich)

- با اثر خاص

۳- مواد افزودنی و اصلاح کننده

- رقیق کننده ها

- نرم کننده ها

- شتاب دهنده ها

- بهبود دهنده های سطحی

شامل رقیق کننده، نرم کننده، شتاب دهنده و بهبود دهنده سطحی و . . .

۴- بتونه (ماستیک)

۵- حلال

مایعات شیمیایی فراری هستند که برای رقیق کردن رزین به آن افزوده می شود و در انتخاب حلال مناسب بایستی به ۱- قدرت حلالیت ۲- سرعت تبخیر ۳- نقطه جوش ۴- نقطه اشتعال و قابلیت شعله وری ۵- سمیت آن توجه داشت

طبقه بندی حلالها ۱- ترپنها ۲- هیدروکربنها (نفتیک مثل وایت اسپریت، آلیفاتیک و آروماتیک مثل تولوئن و ترکیبات آن نظیر تولوئن دی ایزو سیانات TDI، تری نیترو تولوئن TNT، زایلن و منومر استایرن (وینیل بنزن) ۳- حلالهای اکسیژندار (الکلها (هیدروکسیل) مثل متانول، اتانول، بوتانول، گلیکولها و گلیسرولها و . . . ، اترها، کتونها مثل استون، استرها) ۴- نیتروپارافین ها ۵- حلالهای کلر دار : خواص آنها عبارت است از ۱- وزن مخصوص بالا ۲- قابلیت اشتعال کم ۳- بوی خاص ۴- خواص بیهوش کننده و سمیت زیاد ۵- قدرت حلالیت زیاد

۶- هاردنر(سخت کننده)

برای اصلاح برخی از خواص رزین از هاردنر استفاده می شود به عنوان مثال برای رزین اپوکسی از پلی آمین، پلی آمید، استر، وینیل و کولتار (از مشتقات قطران)

۸-انواع رزین

- طبیعی : به صورت خام در طبیعت یافت می شود صمغ و شیره درختان، رزینهای فسیلی می باشد یکی از آنها رزین کولتار است که از قطران بدست می آید و برای اصلاح و بهبود مقاومت و نفوذ ناپذیری رزین اپوکسی و پلی اورتان بکار می رود.

- مصنوعی (سنتزی)

الف- آلکیدی : از پلی ال، پلی اسید و اسید چرب (روغن) تشکیل شده

پلی ال الکل با بیش از دو هیدروکسیل (مثل گلیسرین) و پلی اسید، اسید آلی با دو یا چند عامل کربوکسیل یا انیدرید (مثل انیدرید فتالیک) تشکیل شده است

روغنها به ۳ دسته ۱- خشک شونده (مثل روغن برزک و ماهی) ۲- نیمه خشک شونده (مثل سویا و تال) ۳- غیر خشک شونده (مثل نارگیل، کرچک و پنبه دانه) تقسیم بندی می شوند

- کلرو کائوچو : کائوچو در طبیعت نئوپرن یا ایزوپرن با فرمول کلی $(C_5H_8)_n$ پلیمری با زنجیره فتر مانند که خاصیت ارتجاعی دارد

ب- اپوکسی نوعی رزین ترموست (گرما سخت) می باشد. و ازمشتقات پلی آمین می باشد
بیس فنول A: از واکنش فنول و استون بدست می آید .
بیس فنول F: از واکنش تراکمی فنول یا کروزل با فرمالدئید بدست می آید
اپوکسی نووالاک: با افزایش زنجیره بیس فنول F تشکیل می شود
اپوکسی آلیفاتیک: از پلی ال های خطی (آلیفاتیک) به واسطه با ویسکوزیته پایین به عنوان رقیق کننده فعال
برای سیستم اپوکسی بدون حلال کاربرد دارد
اپوکسی سیکلو آلیفاتیک و هتروسیکلیک
فنوکسی: در زنجیره خود بجای ۲ گروه اپوکسی انتهایی فنول دارد.
واکنش با عوامل شیمیایی و ایجاد تغییرات در رزین اپوکسی
واکنش با انیدرید پلی کربوکسیلیک اسید ، اسید چرب و پلی فنول
ایجاد شبکه ۳ بعدی و عرضی (Cross Link) با آمین ها از طریق اضافه کردن هاردنر (سخت کننده) پلی آمین
به رزین ،کتیمین (واکنش یک کتون با پلی آمین) ، رزول و آمینوپلاست ، پلی ایزو سیانات و پلی سیلوکسان
و کاتالیزور (آنیونی یا کاتیونی)
نسبت اختلاط رزین و هاردنر در اپوکسی ۲ جزئی براساس عدد پاپوکسی و آمین اکی والان تعیین می شود
که برای داشتن پیوند مناسب رعایت نسبت اختلاط براساس دستورالعمل کارخانه های سازنده حایز اهمیت
است نسبت اختلاط در Pot life (گیرش اولیه) پس از ۵ دقیقه واکنش گرمازا (شبيهه به واکنش سیمان با آب
در بتن) حالت ژل و فیلم سخت ایجاد می گردد ، تأثیر دارد

کاربرد پوششهای اپوکسی

- پرایمر بتن اپوکسی
- بتونه اپوکسی (درزگیر) - ترکهای مومین بتن را پر می کند
- ملات و گروت اپوکسی
- رنگ اپوکسی با حلال
- رنگ اپوکسی بدون حلال
- ورنی اپوکسی
- چسب اپوکسی
- روکشهای اپوکسی
- پوششهای منعطف اپوکسی :
- مقاومت در برابر نفوذ آب
- مقاومت در برابر یخ زدگی

- چسبندگی خوب به سطح بتن

- انعطاف پذیری عالی

- پوششهای ضد لغزندگی اپوکسی : روی سطح آن سیلیس ریخته می شود

پوشش اپوکسی با الیاف شیشه

پ- پلی اورتان

اجزا تشکیل دهنده : جز اول ایزو سیانات ها مثل تولوئن دی ایزو سیانات (TDI) ، دی فنیل متان دی ایزو

سیانات (MDI) ، هگزا متیل دی ایزو سیانات (HDI) جز دوم ترکیبات دارای گروه عاملی OH جز سوم حلالها

طبقه بندی : پلی اورتان اصلاح شده با روغن (آلکید اورتان)

پلی اورتان هایی که با رطوبت هوا خشک می شوند ، پلی اورتانهای کوره ای

پلی اورتان دو جزئی با کاتالیزور و پلی اورتان دو جزئی با پلی ال

ت- اتیل سیلیکات

روش ۱- تولید بچ به بچ ۲- تولید پیوسته

ث- سیلیکونی

خواص : مقاومت حرارتی بسیار عالی ، مقاومت خوب در برابر شوکهای حرارتی ، بسیار خوب در برابر

عوامل خورنده محیط ، کاهش میزان مصزف حلال در رنگ ، خشک شدن سریع ، کاربرد آسان ، مقاومت

بسیار خوب در برابر نورخورشید و رطوبت محیط ، هماهنگی از نظر سختی و انعطاف رزین با سطح

ج- وینیلی

کوپلیمر وینیل کلراید و وینیل ایزو بوتیل اتر

پلی وینیل استات

پلی وینیل بوتیرال

چ- اکریلیک

اکریلیک ترموپلاست

اکریلیک ترموست

اکریل آمید

اکریلیک امولسیون

ح- پلی استر

پلی استر اشباع

پلی استر غیر اشباع

- آمینو

اوره فرم آلدئید

ملامین فرمالدئید

خ-نیترو سلولز

برای نصب کاشی ضد اسید از رزین پلی استر، رنگدانه فلزی کبالت، پرکننده میکروسیلیس برای نفوذناپذیری پوشش ایروزیل به عنوان ماستیک یا بتونه، هاردنر پروکسی و در نهایت کاشی ضد اسید (Anti Acid Tile) استفاده شده است.

برخی از پوششهای صنعتی کاربردی عبارتند از پوشش اکریلیکی^۲ پوشش آلکیدی^۲، پوشش قیری^۳، پوششهای اپوکسی شامل کولتار^۴، پوشش اصلاح شده با پلی آمید^۵ و پلی آمین^۶، پوشش وینیل و استر اپوکسی^۷، پوشش پلی استر^۸، پوشش پلی اورتان^۹، پوشش سیلیکون^{۱۰}، پوشش وینیل^{۱۱} و...
خصوصیات پوشش کولتار اپوکسی ۱- چسبندگی عالی به سطح ۲- مقاومت عالی در برابر آب ۳- مقاومت سایشی ۴- سختی و نفوذ پذیری بالا

موارد مصرف: به عنوان لایه محافظ در برابر نفوذ آب، رطوبت در زیر خاک و آب دریا استفاده می شود. از قطران در آن استفاده شده و سطح را کاملاً عایق و مانع از نفوذ عوامل خورنده می گردد.

۱- لوله ها و مخازن مدفون در خاک

۲- سازه ها و اسکلت‌های صنعتی و غوطه ور در آب

۳- کارخانجات پتروشیمی و ایستگاههای تصفیه آب

۴- ایستگاههای تصفیه فاضلاب و پوشش داخلی لوله های بتنی مسیر فاضلاب

۵- پوشش داخلی مخزن تعادل کشتی

خصوصیات پرایمر دو جزئی پوشش اپوکسی پلی آمید ۱- چسبندگی عالی به سطح ۲- مقاومت عالی در برابر مواد شیمیایی و آب ۳- ایجاد فیلمی با انعطاف پذیری خوب ۴- مقاومت سایش بالا ۵- خشک شدن سریع و تحمل ضربه عالی

موارد مصرف: در مناطقی که شرایط خوردگی درآنها بسیار شدید نمی باشد به عنوان لایه میانی بر روی پرایمرها ضد خوردگی قوی استفاده می شود.

۱- پالایشگاه ها و نیروگاه ها

۲- سکوها و تأشیشات حفاری

۳- تجهیزات و تأسیسات فلزی در مناطق صنعتی و دریایی در بالای خط آبخور

خصوصیات پوشش پلی اورتان بدون حلال با انعطاف پذیری بالا

2 - Acrylic Coating 2- Alkyd coating 3- Bituminous Coating 4- Coal Tar Epoxy Coating
5- Epoxy Polyamide cured Coating 6- Epoxy Polyamine cured Coating
7- Epoxy Vinyl & Ester coating 8- Poly ester coating 9- Poly Urethane Coating
10- Silicone coating 11- Vinyl Coating

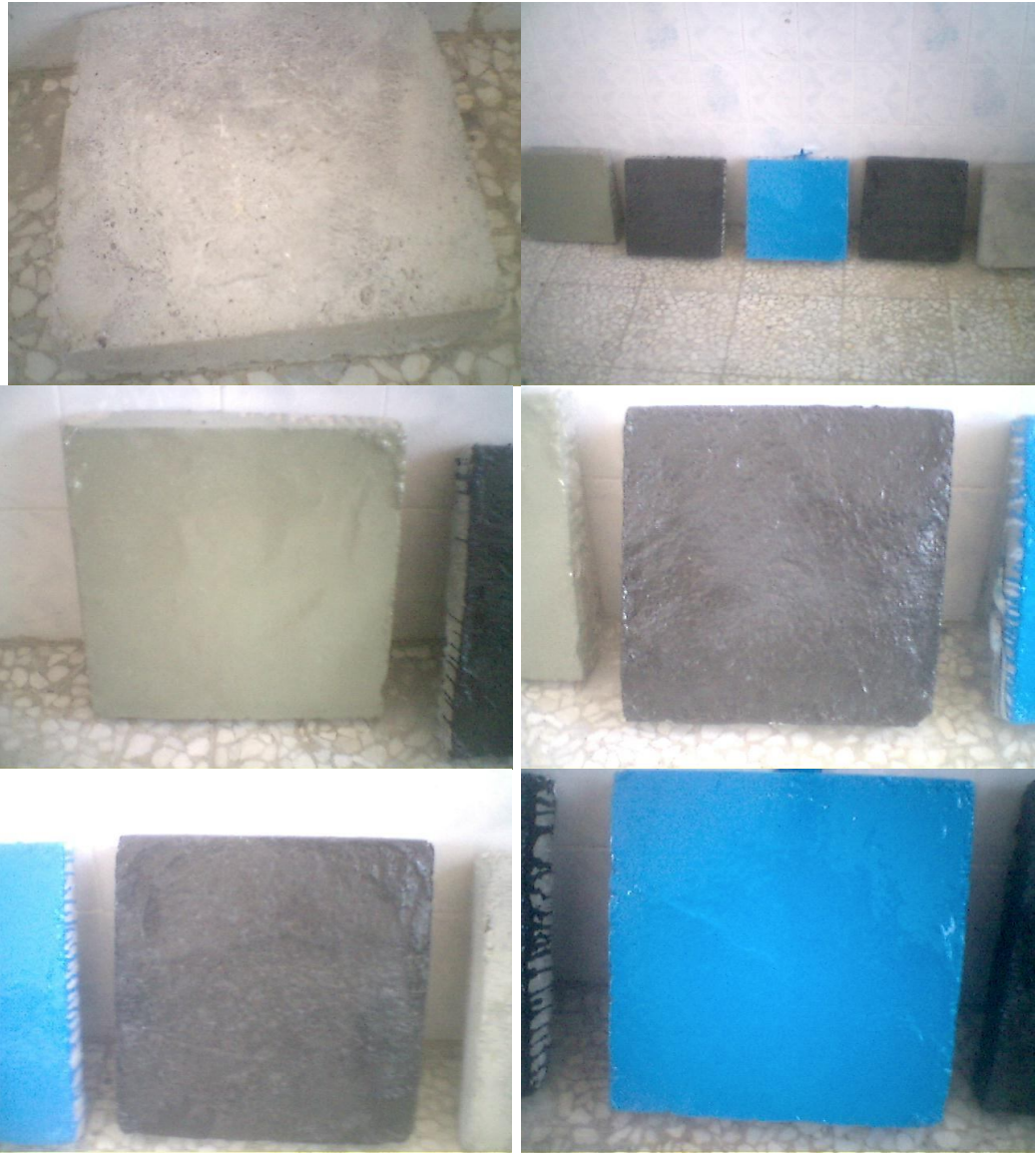
- ۱- مقاوم در برابر اسیدها ، آب دریا و آب مقطر
- ۲- مقاوم در برابر پرتوهای رادیو اکتیو
- ۳- مقاومت سایش و مقاومت مکانیکی بالا
- ۴- چسبندگی عالی به سطوح
- ۵- مقاوم در برابر شوکهای حرارتی
- ۶- قابلیت ترمیم آسان

موارد مصرف : به عنوان پوشش محافظ خوردگی در دامنه وسیعی از بسترها با جنس متفاوت استفاده می شود

- ۱- تأسیسات نیروگاههای حرارتی
- ۲- لوله و خطوط انتقال (داخل و خارج)
- ۳- تانکها و مخازن فلزی
- ۴- تانکها و مخازن بتنی (داخل و خارج)
- ۵- قابل استفاده در محیطهای غوطه ور در گاز
- ۶- قابل استفاده در محیطهای غوطه ور در آب
- ۷- پلهای شنی و فلزی
- ۸- استخرهای شنا و ذخیره آب
- ۹- ژاکتها و تجهیزات مورد استفاده در محیطهای دریایی
- ۱۰- پوششهای سطوح در تماس با مواد غذایی (داخل و خارج)
- ۱۱- کفپوش سازه های فلزی و بتنی
- ۱۲- درزگیرها و پوششهای مقاوم در برابر ضربه و سایش
- ۱۳- پشت بامها و شیروانی ها و بالکن ها و . . .
خصوصیات لایه رویه اپوکسی بدون حلال
- ۱- مقاومت بسیار عالی در برابر آب ۲- سختی بالا ۳- چسبندگی عالی به سطح
- ۴- مقاومت مکانیکی بالا ۵- مقاومت سایشی بالا

موارد مصرف : از این پوشش به عنوان لایه رویه برای تجهیزات به دور از تابش مستقیم خورشید (UV)

- ۱- مخازن آب آشامیدنی ۲- مخازن نگهداری روغنها و چربیها ۳- محیطهای در تماس با مواد شیمیایی



1-A Benture ,S.Diamond and N.S.Bereke,"*Steel Corrosion in Concrete*",1997

2- Luca Bertolini, Bernhard Elsener, Pietro Pedferri, Rob P. Polder "*Corrosion of Steel in Concrete.*" 2004 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

۳- غلامرضا قره ویسکی "شناخت رنگ" انتشارات نیکتا ۱۳۸۲

۴- اطلاعات فنی صنایع رنگ کهر بوشهر WWW.Kaharbushehr.Com